This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

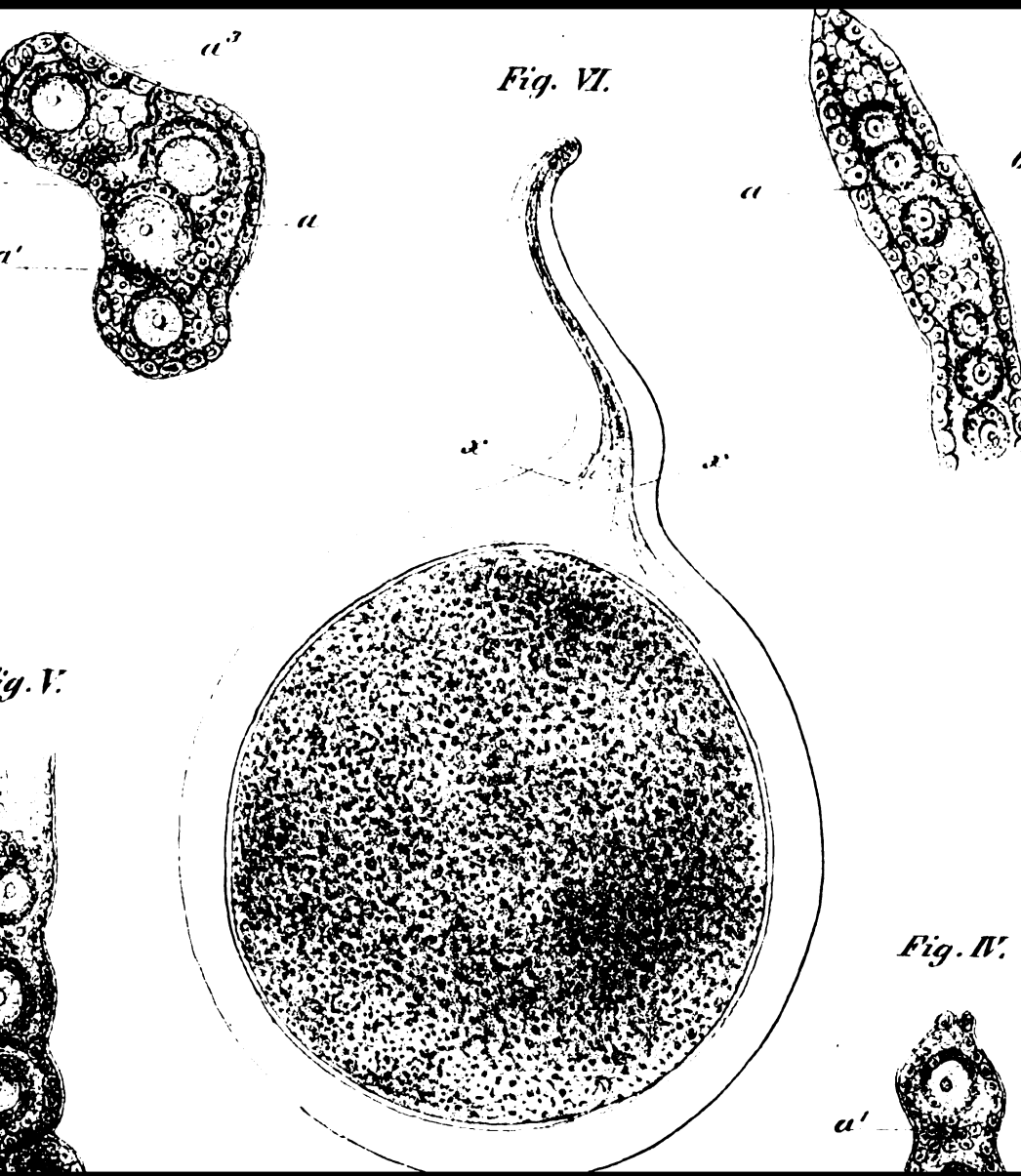
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

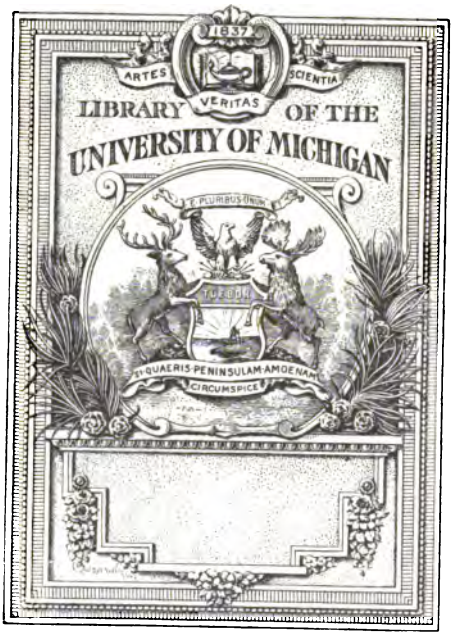
About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Untersuchungen aus dem Physiologischen ...

Eduard Friedrich Wilhelm Pflüger,
Universität Bonn. Physiologisches laboratorium



Digitized by Google

610
B7

Digitized by Google

Digitized by Google

Untersuchungen

aus dem

8°1329

physiologischen Laboratorium

zu Bonn.

Herausgegeben

von

Dr. E. F. W. PFLÜGER,
o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Bonn.

Mit 3 lithographirten Tafeln.

Berlin, 1865.
Verlag von August Hirschwald.
Unter den Linden No. 68.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniss.

		Seite
I.	Kritische und experimentelle Untersuchungen zur Theorie der Hemmungsnerven. Von E. Pflüger	1
II.	Ueber die Bedeutung und Ursache der Menstruation. Von E. Pflüger	53
III.	Zur Lehre vom Muskeltonus. Von Stud. med. G. Schwalbe . .	64
IV.	Ueber die Veränderung der Erregbarkeit der sensitiven Nerven im electrotonischen Zustande. Von Cand. med. E. Zurhelle . . .	80
V.	Untersuchungen über den Einfluss, den die Blutgase, d. i. Sauerstoff und Kohlensäure, auf die Athembewegungen ausüben. Von Stud. med. Wilhelm Dohmen aus Düren	83
VI.	Ueber die electrischen Empfindungen. Von E. Pflüger	144
VII.	Ueber ein merkwürdiges Ei aus dem Eierstock des Kalbes. Von E. Pflüger	173
VIII.	Ueber die Entwickelungsgeschichte der Graaf'schen Follikel beim Menschen. Von Cand. med. Ludwig Letzerich	178
IX.	Gaspumpe. Von E. Pflüger	183

Digitized by Google

Digitized by Google

I.

Kritische und experimentelle Untersuchungen zur Theorie der Hemmungsnerven.

Von

E. Pflüger.

Nachdem ich die Angriffe von M. Schiff auf die Theorie der Hemmungsnerven in einem auf experimentelle Untersuchungen gestützten Aufsatze in Müller's Archiv 1859, p. 13, widerlegt hatte, erhob sich Jener auf's Neue in einem Aufsatze der Moleschott'schen Zeitschrift (s. Bd. VI. p. 201), um seine Anschauungen zu begründen. Ihm schloss sich Moleschott mit seinen Schülern in dreien Aufsätzen an, welche mit besonderer Ausführlichkeit ebendaselbst mitgetheilt worden sind. Ich will die maasslosen Ausfälle Schiff's gegen mich nicht berühren; ich werde nachweisen, dass alles, was Schiff und Moleschott über den Einfluss des Vagus auf das Herz bewiesen zu haben glauben, nichts als Täuschung ist. Ich hielt es anfänglich nicht für nothwendig, auf Versuche zu antworten, denen jeder Fachmann ansieht, dass sie, von unerfahrener Hand gemacht, ein Labyrinth von Wirrsal sind. Da aber die vielen Zahlen, sowie die dreiste Sprache Schiff's auf Manche, von denen ich es nicht gedacht hätte, dennoch Eindruck gemacht, so muss ich wohl, auch nachdem bereits Bezold mit zermalmender Schärfe Schiff und Moleschott gegeisselt hat, selbst noch einmal Hand anlegen, um durch ausführliche und genaue Untersuchungen die Wahrheit endlich zur unbedingten Geltung zu bringen.

Beginnen wir mit Schiff. Sein Satz heisst, dass der N. vagus bei schwacher Reizung die Frequenz des Herzschlags

Digitized by Google

vermehrt. Hierauf gründet er seine Schlüsse. Nun behaupte ich erstens, dass dieser Satz nicht bewiesen, zweitens, dass er falsch ist. Beides will ich begründen.

Zunächst ist Schiff selbst zu der Einsicht beim Zählen gekommen, dass auch „bei der günstigsten Reizung nur eine sehr geringe, scheinbar unbedeutende Vermehrung der Herzschläge“ sich constatiren lasse. Schiff hätte hinzufügen sollen, dass sowohl seine wie Moleschott's Zahlendifferenzen Werthe von einerlei Ordnung mit den Beobachtungsfehlern sind, d. h. dass die Zunahme oder Abnahme der Frequenz, auf welche sie Gewicht legen, nicht grösser ist, als die Veränderungen, wie sie von selbst ohne experimentelles Zuthun beobachtet werden. Merkwürdigerweise wird von Schiff und Moleschott deshalb häufig aus Versuchen eine Frequenz-Vermehrung demonstrirt, wo gar keine vorhanden ist. Wo sich aber eine findet, da ist gewöhnlich ein Heer von Fehlern der Methode vorhanden, welche das Ergebniss nur allzubegreiflich machen. Diese Fehler bestehen meistens, wie sich direct nachweisen lässt, darin, dass ausser dem Vagus auch andere thierische Theile von den Strömen mitgetroffen werden, so dass der Erfolg gar nicht durch Reizung des Vagus, sondern durch irgend einen andern Umstand bedingt ist. Die sogleich zu kritisirenden Beobachtungen Schiff's sind sämmtlich an Fröschen angestellt. Wie erörtert, erkläre ich mir Schiff's Vers. I. pag. 11, wo er beim Frosch ca. 2—8 Schläge in der halben Minute allerdings nicht ausnahmslos bei der Reizung mehr beobachtete. Ganz gewiss traf hier der Strom auch das Herz oder den Sympathicus.

Bei Versuch II., pag. 12, legt er eine Electrode an das verlängerte Mark, die andere an den linken Vagus. Heisst es nicht uns viel zumuthen, über solche Methoden reden zu müssen? Denn erstens wird ja hier doch gewiss das centrale Nervensystem erregt, das, wie Bezold, Ludwig und Thiry nachweisen, einen so mächtigen Einfluss auf das Herz ausübt, ohne dass es sich hierbei um eine Action der Nervi vagi handelt.

Zweitens muss bei diesem Versuche doch der Strom auch durch den Hals-Sympathicus gehen, sowie durch andere Nerven, welche eine Vermehrung der Frequenz erzeugen könnten. Als

Digitized by Google

ob nicht von den Electrophysiologen bis zum Ueberdruss der Satz in die Welt gerufen worden ist, dass der electrische Strom alle Bahnen betritt, die ihm geboten werden, jede nach Massgabe ihrer Leitungsgüte. Es ist deshalb drittens bei diesem Versuche durch gar nichts widerlegt, dass die Frequenzvermehrung nicht durch Reizung der Herzsubstanz selbst bedingt sei.

Bei Versuch III. ist die Methode „nach Weber" gebraucht, nicht specieller aber gesagt, inwiefern die gewöhnlichen Schiff-Moleschott'schen Fehler vermieden sind.

Bei Versuch IV. wird ein Draht an den Abgang eines Vagus, der andere an den Abgang des andern gelegt. Hier muss also der electrische Strom unmittelbar nothwendig durch den ganzen Hals des Thieres, also auch durch das Herz selbst fliessen. Was bürgt nun in aller Welt dafür, dass der Erfolg gerade durch Reizung des N. Vagus bedingt ist? Welche Versuche!

Versuch V. zeigt bald Vermehrung, bald Verminderung der Frequenz bei derselben Reizstärke, beweist also nichts.

Bei Versuch VI., der einen Vagus „zwischen den Drähten" zeigt, handelt es sich um sehr kleine Schwankungen der Frequenz, die nicht einmal constant sind.

Bei Versuch VII. erscheinen beide Vagi in Schlingen; es ist eine sehr geringe Frequenzvermehrung da, welche durch Stromschleifen bedingt ist. Ebenso bei Versuch VIII. und IX.

Bei Versuch X. ist die Methode nicht angegeben. Eine Vermehrung der Frequenz macht sich nicht deutlich geltend. Dann wird das verlängerte Mark gereizt, was aus angegebenen Gründen gar nichts beweist.

Die Versuche XI. bis XIV. sind am verlängerten Mark angestellt. Versuch XVI., XVII., XVIII. laboriren an demselben Fehler. Versuch XIX. zeigt uns die beiden Pole wieder in den Vagus wurzeln! Sapienti sat!

Bei Versuch XV. erscheint der Vagus in Schlingen; genauere Angabe der Methode fehlt. Der Versuch wird seinen Kameraden gleichen, wie ich sofort darthun werde. Das ist das Material, was Schiff zur Unterlage dient, um seinen Satz zu beweisen, dass der Vagus der Bewegungsnerv des Herzens ist. Ich werde abermals darthun, dass, wenn man die Rei-

Digitized by Google

zung des Vagus isolirt ausfährt, so dass nur er und kein anderer Theil des Körpers getroffen wird, niemals, sage niemals die Frequenz bei dem normalen Thier vermehrt ist.

Ich will nun zunächst die Versuche beschreiben welche ich an Fröschen angestellt habe, wobei ich hervorhebe, dass ich mit denselben Stromstärken wie Schiff arbeitete. Der Schlitten meiner Bahn ist nach Cm. graduirt; der Nullpunkt wird von dem vorderen Ende der secundären Spirale an, wenn sie ganz über die primäre geschoben ist, gezählt. Die Eisen-Drähte waren wie bei Schiff aus der primären Rolle entfernt, welche mit einem sehr kleinen, schwach wirkenden Grove in Verbindung stand. Stets wurde der eine Vagus vollkommen frei präparirt, am Kopf abgeschnitten und dann in der Luft schwebend auf die wohlisolirten Platinbleche der stromführenden Vorrichtung gelegt. Zur Verminderung der hier wenig besorglichen unipolaren Wirkungen lag der auf einem Brettchen befestigte Frosch auf einer wohlgetrockneten Glasplatte.

Die erste Columne der Tabelle bezeichnet die Frequenz in 30 Secunden, die zweite den Abstand der beiden Inductionsrollen von einander. Wo keine Angabe in der zweiten Rubrik steht, da hat man sich den Nerv in Ruhe zu denken. Die Reizung geschah mit Hülfe des Tetanisirschlüssels.

Versuch I.

RANA ESCULENTA.

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
11	.	10	.	9	.
11	49	10	43	9½	37
11	.	10	.	10	.
11	48	10	42	10	36
10½	.	10	.	10	.
10½	47	10	41	9½	35
11	.	9½	.	9½	.
11	46	10	40	9½	34
10½	.	10	.	10	.
10	45	10	39	9½	33
10	.	10	.	9	.
10	44	9½	38	9	32

Digitized by Google

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
9½	.	8½	20	8¾	.
10	31	8½	.	9	9
10	.	8⅓	19	8⅓	.
9½	30	8½	.	8⅓	8
9½	.	8½	18	8	.
9	29	8⅓	.	8⅓	8
9½	.	9	17	9	.
9	28	9	.	8⅓	8
9	.	8	16	8	.
9	27	8⅓	.	8	7
8⅓	.	9	15	8⅓	.
9	26	8⅓	.	7⅓	6
9⅓	.	8⅓	15	8⅓	.
8⅓	25	8⅓	.	9	5
9	.	8½	14	9⅓	.
9	24	8	.	8½	5
9	.	8	13	8⅓	.
9	23	8⅓	.	8⅓	4
9⅓	.	8⅓	12	8⅓	.
9	22	8	.	9	1
9	.	8	11	9	.
9⅓	21	8⅓	.		
9	.	8⅓	10		

Keine Spur einer Vermehrung ist jemals bemerkt worden.

Versuch II.

RANA ESCULENTA.

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
12	.	13	.	12½	.
11	30	13	23	11½	15
12	.	13	.	11½	.
12	29	12	22	11½	14
12	.	13½	.	13	.
12	28	13	21	11½	13
12	.	13	.	13	.
12	27	12½	20	11	12
12	.	12	.	12⅓	.
13	26	12½	19	11⅓	11
13	.	13	.	11⅓	.
13⅓	26	12	18	11⅓	10
13⅓	.	12	.	12	.
13	25	12	17	11	9
13	.	13	.	11⅓	.
12½	24	12	16	2⅓	8

Digitized by Google

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 60 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 60 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
$11\frac{1}{2}$	.	22	.	$20\frac{1}{2}$	.
$10\frac{1}{2}$	9	22	20	21	40
11	.	$22\frac{1}{2}$	.	$19\frac{1}{2}$	.
$11\frac{1}{2}$	11	$21\frac{1}{2}$	25	$19\frac{1}{2}$	40
$11\frac{1}{2}$	.	$21\frac{1}{2}$	.	20	.
$10\frac{1}{2}$	11	20	30	$19\frac{1}{2}$	10
$11\frac{1}{2}$	.	22	.	$19\frac{1}{2}$	.
$11\frac{1}{2}$	13	21	35	$18\frac{1}{2}$	9
$11\frac{1}{2}$	.	Pulszahl		0	7
$11\frac{1}{2}$	15	in		22	.
$11\frac{1}{2}$	.	120 Secunden.		22	6
$11\frac{1}{2}$	20	$42\frac{1}{2}$	.		
		$42\frac{1}{2}$	35		

Versuch III.

RANA ESCULENTA.

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 60 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
9	.	$11\frac{1}{2}$	30	$24\frac{1}{2}$	.
10	40	$12\frac{1}{2}$	.	25	20
$9\frac{1}{2}$	.	12	29	25	.
$10\frac{1}{2}$	40	12	.	$24\frac{1}{2}$	20
11	.	12	28		
10	40	12	.	Pulszahl	
10	.	12	28	in	
$10\frac{1}{2}$	39	$12\frac{1}{2}$	.	30 Secunden.	
$10\frac{1}{2}$	.	12	27	$12\frac{1}{2}$	.
10	38	$12\frac{1}{2}$	.	12	19
$11\frac{1}{2}$	.	$12\frac{1}{2}$	26	13	.
$10\frac{1}{2}$	37	13	.	12	18
12	.	12	25	12	.
$11\frac{1}{2}$	36	13	.	12	17
12	.	12	24	12	.
$11\frac{1}{2}$	35	12	.	$11\frac{1}{2}$	16
$11\frac{1}{2}$	.	$12\frac{1}{2}$	23	$12\frac{1}{2}$	.
$11\frac{1}{2}$	34	13	.	$11\frac{1}{2}$	15
13	.	12	23	12	.
11	33	$12\frac{1}{2}$	.	12	14
12	.	12	22	$11\frac{1}{2}$	.
12	32	12	.	12	13
$12\frac{1}{2}$	.	12	21	12	.
$11\frac{1}{2}$	31			12	12
$12\frac{1}{2}$	.			$11\frac{1}{2}$	.

Digitized by Google

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
12	11	12½	8	12	5
12	.	13	.	12½	.
12	11	13½	8	11½	4
11½	.	13½	.	12½	.
11½	10	12½	7	11½	3
12½	.	12	.	12	.
11	9	12	6	11	1
12½	.	11	.		

Versuch IV.

RANA ESCULENTA.

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
21	.	18	.	15½	.
20	40	16½	33	15	20
20	.	16½	.	15	.
20	39	16½	32	16	19
20	.	15½	.	15½	.
20	39	15½	31	15	19
20	.	15	.	16	.
19½	38	15	30	14	18
18	.	18	.	15	.
20	37	17	29	14	17
18	.	17	.	14	.
19	37	15	28	14	16
19	.	14	.	14½	.
19	37	16	27	14½	15
18½	.	16	.	15	.
18½	37	15	26	14	14
18	.	16½	.	13½	.
18	36	14	25	14	13
17	.	16	.	13½	.
18	35	15½	24	13	13
18	.	14	.	15	.
18	35	15	23	14	12
18	.	16½	.	15	.
17	35	17	22	14	11
17	.	16	.	14	.
17	34	15	22	13½	10
16½	.	15½	.	14	.
16½	34	14½	21	1	9

Das Herz stand nun 1 Minute still.

Digitized by Google

Versuch V.

RANA ESCULENTA.

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
15½	.	17	31	17½	.
15½	40	17½	.	17	14
16	.	17	30	18	.
14½	39	17	.	16½	13
15	.	17	29	17½	.
15	38	18	.	17	12
15	.	17	28	17½	.
16	37	18	.	17	11
		17	27	17	.
Pulszahl		17½	.	16	10
in		17	26	17½	.
60 Secunden.		17½	.	17	9
32	.	16	25	16½	.
32	37	18	.	16½	8
33	.	17	23	17	.
32½	37	18	.	16	7
		17	22	16½	.
Pulszahl		18	.	16	6
in		17	21	17	.
30 Secunden.		18	.	16	5
17	.	17	20	17	.
16½	36	18	.	15½	4
17	.	17	19		
17	35	18	.	Pulszahl	
17	.	17	17	in	
17	34	18	.	60 Secunden.	
18	.	17	18	34	.
17	33	18	.	32½	3
17	.	17	16	34	.
17	32	17	.		
18	.	17	15		

Versuch VI.

RANA ESCULENTA.

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
11	.	11	.	11	.
11	30	11	28	11	26
12	.	11	.	10	.
11	29	11	27	11	25

Digitized by Google

Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 30 Secunden.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
9	.	5	16	6	.
10	25	6	.	8	6
10	.	5	15	6	.
9	25	5	.	6	.
9	.	5	14	7	6
8	25	6	.	7	.
9	.	5	13	6	.
9	24	5½	.	7	.
9	.	5½	12	7	6
9	23	6	.	6	.
9	.	5	11	6	6
9	22	5½	.	7	.
9	.	4½	10	7	5
9	21	6	.	7	.
9	.	5	10	7	4
9	20	5½	.		
8	.	4½	9	Pulszahl	
7	19	7	.	in	
7	.	6½	9	60 Secunden.	
8	18	7	.	16	.
7	.	5½	8	15	4
7	18	5	.	16	.
7½	.	6	8	15	4
6½	.	7	.		
6	.	6	8	Pulszahl	
7	18	7	.	in	
8	.	6	7	120 Secunden.	
7	18	8	.	31½	.
7	.	8	7	30	4
5	17	7	.	31	.
5	.	6½	6		

Es steht also absolut fest, dass der erregbare Vagus durch diejenigen Stromstärken, welche nach Schiff eine Vermehrung der Frequenz des Herzschlages beim Frosche bedingen sollen, gar nicht erregt wird. Will man auf sehr kleine Schwankungen eingehen, so zeigen sie das Umgekehrte von dem, was Schiff behauptet: Verminderung der Frequenz. Der Vagus bewirkt keine Spur von Vermehrung der Bewegung des Herzens, ist also nicht der motorische Nerv desselben.

Schiff behauptet nun ferner, dass die Pulsvermehrung nach Durchschneidung der Vagi durchaus nicht im Zusammenhang mit der angeblichen Hemmungsfunction derselben stehe.

Digitized by Google

Ziehe man einer Katze oder einer Ziege auf beiden Seiten den N. accessorius ganz vollständig aus, so zeige sich, auch wenn die Operation ganz vollkommen gelungen sei, keine Vermehrung des Herzschlages. Auch noch nach 11—12 Tagen bleibe der Puls ganz normal. Nach dieser Zeit seien aber die im Halsstamm des Vagus verlaufenden Accessorienfäden entartet und unerregbar geworden. Galvanisire man jetzt deren Halsstamm beiderseits mit ziemlich starken oder mässigen Inductionsströmen, so würde man keinen Herzstillstand mehr erzielen können. Durchschneide man aber den Halsstamm der Vagi, so erlange der vorher normale Puls sogleich die bekannte Frequenz wie nach der Vagusdurchschneidung beim vorher unverletzten Thiere.

Hieraus gehe (nach Schiff) unläugbar hervor, dass es

a) der Accessorius sei, dessen Galvanisirung den bekannten Herzstillstand errege; dass
b) die Lähmung des Accessorius keine Vermehrung des Herzschlages bewirke;
c) aber die Trennung des Vagus am Halse die häufig beobachtete Pulsvermehrung hervorrufe.

Glücklicherweise hat R. Heidenhain in der allerneuesten Zeit diesem Gegenstande seine besondere Untersuchung gewidmet, deren Resultate die Schiff'schen Angaben so sehr modificiren, dass sie nunmehr gegen ihn zeugen. (S. Heidenhain, Studien des physiologischen Instituts zu Breslau, Heft 3. 1865.)

Der genannte Forscher hat bei Kaninchen den Accessorius ausgerissen und hierauf eine Steigerung der Pulsfrequenz wahrnehmen können, während nach Schiff die Lähmung der Accessorii den Herzschlag nicht beeinflussen soll. Er hat ferner festgestellt, dass zu der Zeit, in welcher nach Ausreissung der Accessorii durch Reizung des Vagusstammes keine Veränderung des Herzschlages erzeugt werden kann, die Section der Vagi nicht Vermehrung, wie Schiff angiebt, sondern Verminderung der Frequenz der Pulse zur Folge hat. Diese Verminderung wird, wie Heidenhain darthut, auf einem sehr indirecten Wege hervorgebracht. Die Lähmung der herumschweifenden Nerven setzt die Frequenz der Athembewegungen herab, sodass das alsbald wegen des Respirationshindernisses abnorme Blut die Frequenz des Herzschlags vermindert. Directe

Digitized by Google

Reizung des Vagus bringt keine Veränderung der Herzfrequenz hervor, und Section der Vagi bei Unterhaltung künstlicher Respiration ebenso wenig. Nach Heidenhain würde also der Schiff'sche Versuch, sich an eine Beobachtung Waller's anlehnend, nach Beseitigung der Beobachtungsfehler beweisen, dass alles was bisher gegolten hat auch ferner gilt, nur mit dem Unterschiede, dass die Hemmungsfasern des Vagusstammes ihm durch den Accessorius zugeführt werden. So sehr wahrscheinlich Heidenhain's Angaben sind, so bleibt allerdings immer das Bedenken, dass bei dem Ausreissen des Accessorius der Vagus mitgezerrt werde. Heidenhain ist selbst dieser Einwand nicht entgangen. Er glaubte sich gegen denselben darum gesichert, weil die Mechanik der Athembewegungen auch nach dem Ausreissen unverändert war und die Oesophagus- und Magenäste ihre Erregbarkeit behielten. Es ist indessen trotzdem die Möglichkeit nicht widerlegt, dass bei jenem Versuche des Ausreissens einzelne Faserzüge des Vagus mehr leiden als andere. Man möchte deshalb einen directeren positiveren Versuch zur Entscheidung der Frage wünschen. Dieser würde meines Erachtens darin bestehen, dass Durchschneidung der Vagi innerhalb der Schädelhöhle oder besser im Foramen jugulare die Frequenz des Herzschlages nicht veränderte, nachfolgende Section der Accessorii oder des Vagusstammes dies aber vermöchte. Vielleicht liesse sich die Reflexhemmung von Bernstein zu einem strengen Versuche verwerthen. Die gesonderte Reizung der Vagi und Accessorii dürfte ihre sehr grossen Schwierigkeiten haben, wenn sie so ausgeführt werden soll, dass der Versuch beweiskräftig bleibt.

Wie dem auch sei, so viel steht jedenfalls fest, dass Schiff's Versuch nicht mehr als ein Einwand gegen die hemmende Function der Vagi aufgeführt werden darf.

Schiff hat noch etwas über den Zusammenhang des Electrotonus mit dem Hemmungsversuch geschrieben, worüber ich mich bereits ausgesprochen habe und jetzt lieber schweigen will. Sollte es durchaus gewünscht werden, so bin ich auch hier nochmals gelegentlich erbötig meine gute Zeit für dergleichen zu opfern.

Wir gelangen zu Moleschott, welcher sich viel Mühe

Digitized by Google

genommen hat, die Schiff'sche Ansicht von der motorischen Natur der Rami cardiacii nervi vagi durch zahlreiche Experimente zu stützen.

Es ist nur zu bedauern, dass er nicht vorher sich darüber orientirt hat, wie man bei der electrischen Reizung eines Nerven verfahren muss, damit nur dieser und kein anderer, von dem es nicht gewünscht wird, erregt werde. Fast überall hat er hierauf keine Rücksicht genommen. Fast alle seine Versuche würden ihm auch gelungen sein, wenn er den Vagus durch einen nassen Faden ersetzt hätte, dem die Inductionsströme zugeführt wurden.

Einer der gewöhnlichsten Fehler besteht bei ihm darin, dass er unter den undurchschnittenen Vagus zwei auf ein Glasplättchen gekittete Drähte schiebt und sich nun der Ueberzeugung hingiebt, dass der electrische Strom so gütig sein werde, fluggs von einem Pol zum anderen nur durch den Vagus zu spazieren. Wahrscheinlich ist ihm hier der alte Laienglaube verführerisch geworden, dem zufolge der electrische Strom immer den kürzeren Weg nehmen soll. Diesem Gesetz folgt nun aber der electrische Strom nicht; man hat sich bei der Anordnung der Versuche nach Moleschott den ganzen Hals, ja den ganzen Körper des Thieres mit electrischen Partialströmen durchflossen vorzustellen. Das Schlimmste von alledem ist, dass Moleschott gar keine Ahnung hiervon hat, wie man aus seiner Entdeckung der hemmenden Wirkung der Sympathici zieht, welche diese auf das Herz ausüben sollen. Mit keiner Silbe gedenkt er der Möglichkeit, die hier zweifellose Gewissheit ist, dass sein Versuch nicht wie er glaubt durch Reizung des Sympathicus, sondern des Vagus bedingt sei. Man geht also mit der absoluten Sicherheit an die Beurtheilung der Moleschott'schen zahlreichen Versuche, dass auch dieser Forscher gar keine Idee von den einfachsten und gewöhnlichsten Vorsichtsmaassregeln habe, welche bei electrischen Reizversuchen ganz unerlässlich sind. Denn seine Methoden zeigen sicher, dass ihm die allgemeinen Gesetze der Bewegung der electrischen Fluida durchaus unbekannt sind. Was kann es aber helfen? Leider scheint bei uns die Zeit noch nicht gekommen, in welcher die Kritik von der Besprechung solcher Arbeiten dispensirt ist. (Siehe

Digitized by Google

Dubois gegen Budge wegen des Gesetzes des Muskelstromes.)

Moleschott beginnt (Bd. VII. u. Bd. VIII. seiner Zeitschrift in 3 Abhandlungen) seine Versuche (Abth. I.) an den Kaninchen und legt gleich bei Versuch I. u. II. die Electroden an den nicht durchschnittenen Vagus.

Versuch III. ist mit einem dicht unter dem oberen Halsganglion durchschnittenen Vagus des Kaninchens angestellt. Es ist natürlich nicht absolut gewiss, dass er mit Stromschleifen arbeitete; aber da er die Electroden unter den Nerven schiebt, und nicht die frei schwebenden Electroden als Träger des isolirten Nerven zu gebrauchen pflegt, so dürfte auch hier der gewöhnliche Fehler vorhanden sein.

Versuch III. erscheint in mehrfacher Beziehung von Wichtigkeit. Es ist die Behauptung, dass jedesmalige Reizung die Häufigkeit des Herzschlags vermehrt habe, geradezu unwahr. Moleschott hat nicht bemerkt, dass innerhalb der sechs Minuten, in denen er beobachtet, die Pulsfrequenz fast stetig wächst. Beim Versuch folgt immer auf eine Minute der Ruhe eine Minute der Reizung. Wenn man nun mit Moleschott immer die vorhergehende Frequenzzahl der Ruhe mit der folgenden der Reizung angehörenden vergleicht, so erhält man eine Vermehrung des Pulses, weil eben fast jede folgende Zahl grösser als die vorhergehende ist. Aus diesem Versuch folgert Moleschott: „Also auch die Reizung des vom Centrum getrennten Nervenstammes vermehrte jedesmal die Häufigkeit des Herzschlages — — ... Hierdurch wird für diesen Fall die Reflexwirkung, welche in dem Hirn-Rückenmarksstamme zu Stande käme, ausgeschlossen (pag. 13 des Separat-Abdruckes).

Höchst auffallend ist auch, warum nur die Beobachtung von 6 Minuten mitgetheilt wird, während er sonst, wo eine Frequenzvermehrung deutlich ist, stets viele Minuten die Zählungen mitzutheilen nicht müde wird.

Der Versuch IV. ist zuerst ohne Durchschneidung des Nerven angestellt, dann wird nach Durchschneidung beider Vagi der linke gereizt.

Merkwürdig, dass auch hier von der Versuchsreihe vor der Durchschneidung 10 Abwechselungen mitgetheilt werden, wäh-

Digitized by Google

rend er nach der Durchschneidung nur den Erfolg einer Reizung meldet, der nichts beweist. Denn vier Minuten vor der Reizung schwankt der Puls zwischen 168 und 183, also um 15 Schläge, worauf bei der eine Minute anhaltenden Reizung die Frequenz 176 beobachtet wird. Moleschott schliesst doch auf eine Frequenzvermehrung, weil zufällig die 176 Schläge vor sich 168, hinter sich 172 haben. Eine einzige Zahl kann überhaupt bei den gewaltigen zufälligen Schwankungen der Frequenz niemals etwas beweisen, und läge sie weit ausserhalb der Fehlergrenzen, was hier ja nicht der Fall ist.

Bei Versuch V. ist eine gewisse Zahl von Abwechselungen mit zwar geringer, aber constanter Frequenzvermehrung vorhanden. Es bleibt hier nur das Bedenken, dass wegen des bekannten Unterschiebens der Electroden unter den vielleicht undurchschnittenen Nerven die hierdurch bedingten Fehler und nicht die Reizung der Vagi den Erfolg erzeugten. Ob das wirklich der Fall war, werden meine später mitzutheilenden Versuche lehren.

Durch Versuch VI. sucht er zu beweisen, dass der Vagus nicht durch Reflex den Herzschlag vermehren kann, was er daraus ableitet, dass bei drei Abwechselungen mit jenen so schwachen Strömen ein negatives Resultat erhalten wurde!

Der andere Vagus des Versuchs VI. wird in Versuch VII. undurchschnitten gereizt; die Frequenz-Zunahme ist ausserdem wegen der geringen Zahl der Abwechselungen und weil während der Reizung sowohl Verminderung als Vermehrung vorhanden war, nicht bewiesen.

Bei Versuch VIII. hat Moleschott ein Kaninchen, bei dem die Pulsfrequenz stetig wächst, so dass vollkommen regelmässig jede folgende Zahl gleich oder grösser als die vorhergehende ist. Sollte man es für möglich halten, dass auch hieraus bei vier Abwechselungen der Schluss auf Vermehrung der Pulsfrequenz gemacht werden konnte. Es ist ganz klar, dass wenn man rückwärts jede Ruhezahl mit der voraufgehenden Zahl der Reizung vergleicht, mit Recht eine Verminderung der Frequenz erschlossen werden kann. Dass nach der Reizung die Frequenz grösser war als während derselben, erklärt Moleschott aus einer Nachwirkung. —

Digitized by Google

Im Versuch IX. ist der linke Vagus unversehrt. Alle dieser Methode anhaftenden Fehler sind besprochen. Hier hat Moleschott drei Ruheperioden, zwischen denen er sehr lange Zeit fortdauernd reizt. Die erste Ruhezahl liegt nahe eine Stunde vor der zweiten, die zweite vor der dritten circa ¼ Stunde. Die zweite Zahl der Ruhe (212) ist unmittelbar darauf von einer kleineren Zahl (210), die der Reizung entspricht, gefolgt, was aber das umgekehrte Verhalten von dem ist, welches Moleschott zu demonstriren hatte. Die dritte Ruhezahl ist 194, gefolgt von den Reizzahlen 198 und 194. Wenn also während der Reizung die Pulszahl 194 beobachtet werden kann, wie vor der Reizung, was soll dann die Zahl 194 beweisen? Nun bleiben die Zahlen der ersten Ruheperiode, welche zwischen 190—198 schwanken. Beim Beginn der Reizung steigt der Puls auf 200, das heisst noch zwei Pulse mehr, als sie während der Ruhe einmal beobachtet wurden. Wenn vier Pulse Unterschied nach Moleschott nicht passen, dann vernachlässigt er sie, wo aber zwei Pulse für ihn sind, werden sie als Reweise angeführt. Bei der ersten Reizung fährt er den Nerven fast eine Stunde zu erregen fort. Hierbei steigt der Puls allerdings bedeutend; wer kann aber sagen, ob das nicht auch ohne die Reizung geschehen wäre. Dieser ganze Versuch ist auch deshalb noch bedenklich, weil plötzliche unerklärliche Unregelmässigkeiten des Pulses von ungeheurer Weite vorkommen. So sinkt der Puls während der ersten langen Periode der Reizung einmal von 221 direct auf 126 in der Minute, das heisst in nur einer Minute um 100 Pulse. Aehnliches ist mehrmals vorgekommen. Und dabei will Moleschott aus einer Differenz von einem Paar Pulsen, die in drei Fällen einmal für ihn, einmal entschieden gegen ihn, einmal zweifelhaft ist, Beweise für sich aufbauen. Er sagt: „Hier hört nun aller Zweifel auf etc.“ (p. 29.)

Bei Versuch X. finden wir den linken Vagus auf den Electroden. Eine Angabe, ob der Nerv durchschnitten ist, fehlt. Bei der ersten Reizung beobachtet Moleschott ein Herabgehen der Frequenz, also das Gegentheil von dem, was seiner Ansicht nach eintreten sollte; dann wechselte unter heftigen Zuckungen des Thieres grössere und niedere Frequenz

Digitized by Google

rasch mit einander ab. Welche Schwankungen! Wir müssen sie zur Vorsicht mahnen! Am Schluss des Versuches der sehr lange gedauert hat, bringt er noch drei Abwechselungen, bei denen während der Reizung eine um ein Paar Schläge höhere Frequenz beobachtet wird, als vor- und nachher. Ob dies bei den grossen Schwankuugen, die unter ganz gleichen Verhältnissen wahrgenommen wurden, in einer nothwendigen Beziehung zur Reizung steht, lässt sich nicht mit Sicherheit annehmen.

Bei Versuch XI. ist wieder nicht gesagt, ob der Vagus unversehrt. Aus den Ergebnissen desselben erklärt M. ebenfalls Vieles, was nicht zu rechtfertigen ist. Zuerst zählt er während 8 Minuten die Pulsfrequenz, welche in der Ruhe anfangs ziemlich gleichmässig, von 185—198, steigt, darauf ganz plötzlich in einer Minute wieder auf 185 abfällt, also um 13 Schläge, um dann weiter auf 179 zu sinken und auf dieser Frequenz zwei Minuten lang unverändert zu verharren, und darauf sofort wieder in einer Minute um 12 Schläge zu steigen. Mit diesem Steigen beginnt nun die Reizung und M. sieht in ihr die Ursache des plötzlichen Sprunges. Während der anschwellenden Reizung wächst die Frequenz auf 219 und sinkt trotz Fortbestehens derselben wieder plötzlich, erst um 10 Schläge, dann wieder um 10 und sofort, so dass es Moleschott nun gerathen findet, die Reizung zu unterbrechen. Dass jetzt natürlich niedere Werthe während der Ruhe gefunden werden, leuchtet ohne Weiteres ein. Bei der darauf folgenden letzten Reizung springt der Puls von 190 auf 203, was möglicherweise wieder Zufall ist.

Versuch XII. giebt bei der Reizung, die stärker als sonst ist, nur verringerte Frequenz und beweist also für Moleschott Nichts.

Mit Versuch XIII. beginnen die Beobachtungen an Fröschen. Die Zahlen beziehen sich auf ¼ Minute. Unter gleichen Verhältnissen beträgt der Beobachtungsfehler zwei Pulse. Die Wirkung, welche die Reizung hervorbringt, beträgt nun ebenfalls nicht mehr. Hieraus würde jeder vorsichtige Beobachter den Schluss ziehen, dass nur dann auf eine Wirkung der Reizung geschlossen werden dürfe, wenn jedesmal vor und

Digitized by Google

nach der Reizung die Pulsfrequenz eine geringere als während derselben ist. Die Reizung wurde 22 mal eingeleitet, und zwar 10mal ohne deulichen Erfolg, weil die Zahl für die Zeit während der Reizung zwischen zweien steht, von denen die eine kleiner, die andere grösser ist, als jene, die anderen Versuche ergeben eine Zunahme von 1 Schlag in ¼ Minute. Falls diese Zunahme durch den Reiz bedingt ist, so sind es Stromschleifen gewesen, die das Herz trafen, nimmermehr der Vagus, was wir bereits bewiesen haben.

Dasselbe muss ich den Versuchen XIV., XV., XVI. und XVII. entgegenhalten.

Beim Frosche hat Moleschott nun noch eine Capital-Erscheinung: die paradoxe Frequenzvermehrung entdeckt. Die Inductionsrollen, welche mit Eisendrähten erfüllt sind, werden über einander geschoben, während die Electroden unter dem undurchschnittenen Laryngeus liegen und keine Nebenschliessung den erregenden Strom schwächt, obwohl ein Grove den Magnetelectromotor treibt. Er lässt also mit einem Worte fürchterliche Schläge durch den Hals gehen, die ganz unfehlbar auch das ganze Thier in den Moleschott'schen Tetanus paradoxus versetzt haben. Weil aber nach Moleschott die Electricität am kürzesten durch den Laryngeus von einem Pol zum anderen kommt, so glaubt er, dass all diese Zuckungen der Muskeln und Beeinflussungen des Herzschlages durch Reizung des Laryngeus bedingt seien, während natürlich der electrische Strom, der die Moleschott'schen Dämme nicht achtet, selber all diesen Unfug angerichtet hat.

Ebenso glorios als die Entdeckung der positiven Schwankung des Nervenstromes ist dieser Fund, demzufolge die paradoxe Frequenzvermehrung nur durch secundäre electrotonische Erregung der im Vagusstamm nach dem Herzen laufenden Fasern erklärbar sei.

Wenden wir uns nun zur Erörterung der mechanischen Reizversuche. Zerren, Bürsten mit steifhaarigem Pinsel und Druck mit mehren Eisendrähten soll die Reizung bewirken. Da der Puls der Kaninchen und Frösche fast fortwährend hin und her schwankt, so muss man bei Beobachtung in einer bestimmten Minute gewöhnlich entweder mehr oder weniger als

Digitized by Google

in der vorher gehenden finden. Wird nun mehr während der Reizung beobachtet, so glaubt Moleschott eine Frequenzvermehrung erzeugt zu haben, obwohl sie ebenso gut durch Lähmung oder Schwäche des Vagus bedingt sein könnte; sinkt die Frequenz, so war die Reizung zu stark, obwohl der Nerv vielleicht wirklich gereizt war. Es kann kommen, wie es will, es passt immer.

Wenn aber wirklich eine unzweifelhaft vorhandene Pulssteigerung während mechanischer Reizung der Nerven beobachtet wurde, so darf man nicht vergessen, dass der bei allen diesen Versuchen von Moleschott nicht durchschnittene Vagus Schmerzen hervorbrachte, welche das Thier aufregen und Pulsveränderungen bedingen, die wie Bezold, Ludwig und Thiry zeigten, durch die Rückenmarksnerven ohne Betheiligung der N. Vagi erzeugt werden können.

Betrachten wir die chemischen Reizversuche. Moleschott sucht zuerst die Reizung des undurchschnittenen Vagus zu bewirken, indem er dem Nerven Wasser durch Chlorcalciumstücke entzieht, die auf den Nerven gelegt werden. Wenn die Reizung aufgehoben werden soll, wird er mit verdünntem Hühnereiweiss abgewaschen. Diese Versuche lassen sich an einem Nerven nicht wiederholen und müssen deshalb mit besonderer Vorsicht aufgenommen werden. Es ist Moleschott zu erwidern, wie es zweifelhaft sei, ob die Wirkung des Chlorcalciums in höherem Maasse die Leitungsfähigkeit des Nerven herabsetzt oder Reizung desselben bewirkt. Die Herabsetzung der Leitungsfähigkeit würde aber wie die Durchschneidung wirken, sodass die Pulsvermehrung gar nicht durch Erregung des Vagus bedingt zu sein braucht, was Moleschott nothwendig annehmen muss, wenn seine Versuche etwas beweisen sollen. Er unterhält eine bei Versuch XXVII. und XXVIII. nur einmal eine ca. ¼ Stunde anhaltende Reizung, während deren eine etwas höhere Frequenz als vorher und nachher wahrgenommen wird. Es wäre in der That wohl möglich, dass die Reizung gerade in den Zeitraum fällt, wo die Frequenz auch ohne das Chlorcalcium etwas vermehrt ist. Falls aber wirklich die Frequenz durch Reizung erhöht wurde, so würde es auch noch nichts beweisen, weil die schmerzhaften Empfindungen, wie ge-

Digitized by Google

sagt, ohne Vermittelung der N. Vagi die Frequenz zu heben vermögen.

Im Versuch XXIX. wird mit Kochsalzlösung der undurchschnittene Vagus eines Kaninchens gereizt. Der Puls scheint zu steigen. Als aber nachher mit destillirtem Wasser der Nerv ausgewaschen wird, fährt die Frequenz bis zu einem sehr hohen Werthe zu steigen fort, um dann, als Zuckungen eintreten, wieder etwas zu sinken. Hier giebt also die Ruhe nach der Reizung mit Kochsalz einen sehr viel höheren Werth als während derselben, diese wieder einen höheren, als die Ruhe vorher. Jeder Unbefangene wird sagen, dass die Frequenz hier aus unbekannten Gründen in stetigem Steigen begriffen ist. Moleschott aber findet die höchste Zunahme des Pulses, die er jemals bei Kaninchen durch Reizung beobachten konnte: 65 Schläge in der Minute. Als M. dann wieder mit Kochsalz reizte, erhielt er so ziemlich dieselben Zahlen wie während der vorhergegangenen Ruhe. Alles gegen die Chlorcaliumversuche ausserdem noch Bemerkte gilt auch hier.

Versuch XXX. leidet an ähnlichen Mängeln wie Versuch XXIX.

An die Versuche mit den Kaninchen reihen sich Versuche an Fröschen, welche alle von denselben bereits bekannten Fehlern der Methode behaftet sind. Nur drei Experimente sind angestellt; bei den ersten beiden wird die Reizung nur einmal versucht, nachdem drei Minuten lang die Frequenz während der Ruhe beobachtet worden.

Ich habe oft gesehen, dass bei einem Froschherzen nach der Blosslegung Anfangs die Frequenz, vermuthlich durch den Reiz der Luft und das Abkühlen, zunimmt, dann wieder sinkt. Beachtet man dies, so beweisen die Versuche von Moleschott Nichts, da stets in der Ruhe, welche der Reizung nachfolgte, entweder keine deutliche Verminderung der Frequenz hervortrat, oder sogar eine beträchtliche Vermehrung, wie in Tab. 32. Nur wenn man die Frequenz vor der Reizung vergleicht mit der während derselben, ist eine geringe Zunahme zu bemerken, weil eben in diesen Versuchen auch ohne den Reiz die Frequenz in die Höhe gegangen wäre. Bei einem dritten Versuche (XXXIII.) benutzte Moleschott Galle, be-

Digitized by Google

merkte aber, dass er bei späteren erneuerten Experimenten Froschgalle ohne allen Erfolg angewandt habe. Dies hätte ihn darauf aufmerksam machen sollen, dass er auch bei den Versuchen, wo er einen Erfolg vor sich zu sehen glaubte, durch zufällige Nebenumstände sich hat täuschen lassen.

Moleschott hat auch thermische Reizversuche angestellt. Die thermische Reizung bestand darin, dass eine zum Rothglühen erhitzte Platinplatte dem auf einer Glasplatte liegenden Nerven bis auf wenige Millimeter genähert wurde. Bei einem an einem Kaninchen angestellten Versuche ist 4 Mal die Reizung wiederholt worden, und zwar die ersten 3 Mal mit deutlichem Erfolg, was ich zugebe. Aber Moleschott pflegt die Vagi immer undurchschnitten zu reizen, so dass dies wohl auch hier der Fall sein wird, obwohl etwas Specielles nicht angegeben ist. Der Schmerz oder die Abnahme der Leitungsfähigkeit der Nerven erklärt die Zunahme der Frequenz.

Wir wenden uns nun zur Kritik des zweiten Aufsatzes von Moleschott: „Untersuchungen über den Einfluss der Sympathicus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlages."

Bei Versuch I. wird der Sympathicus wieder, ohne durchschnitten zu sein, auf die Electroden gelegt, so dass also sicher die Halsverven von Stromschleifen getroffen werden. Er beobachtet eine Vermehrung mit schwachen Strömen. Sie scheint bedeutender als die, welche er vom Vagus erhielt. Bewiesen ist natürlich der Einfluss des Sympathicus nicht, was mir ja sonst ganz angenehm wäre. — Bei starker Reizung macht sich eine Verminderung des Pulses geltend. Wunderbar, dass er, obwohl nun sicher bedeutende Stromtheile durch den Vagus gehen, auch mit keiner Silbe dieser Möglichkeit gedenkt, sondern offenbar in dem Glauben lebt, dass der electrische Strom, wenn der zu reizende Nerv nur die Metalle der Electroden berühre, auch schon wisse, an wen er sich ausschliesslich zu halten habe.

Bei Versuch II. reizt er den Sympathicus erst stark, wobei er die Erweiterung der Pupille constatirt und eine Abnahme der Häufigkeit des Herzschlages wahrnimmt. Man sieht also, dass er wieder den Nerven nicht durchschnitten hat, dass er aber-

Digitized by Google

mals ein Heer von Stromschleifen in die Halsnerven hineinsendet, trotzdem aber glaubt, dass er es nur mit Reizung des Sympathicus zu thun habe. „Nun sollten," sagt er, „systematische Reizversuche angestellt werden, zwar diesmal in der besonderen Absicht, um zu ermitteln, ob die Erfolge, welche die in der ersten Tabelle verzeichneten Reizversuche kennen lehrten, durch eine directe oder durch eine reflectorische Reizung motorischer Fasern zu erklären seien." Vor Anstellung weiterer Reizversuche durchschnitt er den Stamm des Sympathicus dicht unter dem oberen Halsganglion und brachte den nach dem Herzen verlaufenden Theil auf die Electroden. Es ist nun stark zu vermuthen, dass Moleschott, weil er die Art, wie man einen Nerven reizen soll, nicht kennt, auch hier den Nerven nicht isolirte, sondern einfach die Electrodenplättchen unter denselben schob, so dass der alte Fehler blieb. Er beobachtet eine Vermehrung des Pulses, was vielleicht richtig, aber von ihm nicht bewiesen wurde. An dem Kaninchen des Versuches II. will er nun den andern Sympathicus präpariren, um beide Nerven gleichzeitig zu irritiren und zu sehen, ob sich nicht eine stärkere Abnahme der Pulsfrequenz beobachten lasse, als wenn nur auf einer Seite gereizt wird. Es wurde also der rechte Sympathicus präparirt und ohne durchschnitten zu sein (!!) über ein besonderes Electrodenplättchen geschoben. Nun wurden zwei Magnetelectromotoren genommen, zwei Grove's vorgespannt und die Rollen ganz übereinander geschoben. Natürlich wurde nun der Herzschlag durch Reizung des Vagus stark verlangsamt. Moleschott durchschneidet darauf den rechten Sympathicus, reizt schwach, beobachtet eine Vermehrung der Frequenz, was richtig sein kann, aber nicht von ihm bewiesen ist.

In dem folgenden Versuch V. wünscht er sich zu überzeugen, ob der Sympathicus vielleicht durch reflectorische Action gewirkt habe. Er durchschneidet deshalb den Sympathicus unten am Halse und reizt den nach dem Kopf aufsteigenden vom Herzen getrennten Stamm mit Wechselströmen. Statt nun aber alle Stärken zu versuchen, die er vorher anwandte, braucht er nur ganz ungemein schwache Ströme, indem er nicht blos statt der früher einmal gebrauchten starken Grove'schen Elemente in doppelter Zahl einen schwachen Daniell benutzte,

Digitized by Google

die secundäre Spirale 28 Centimtr. von der primären entfernte, während er sie früher zuweilen übereinander geschoben hatte und jetzt ausserdem noch zu dem Nerven eine metallische Nebenschliessung anbrachte. Man kann von vornherein bei dieser Anordnung nur wenig oder keine Wirkung erwarten, welche denn auch ausblieb. Hätte Moleschott die Ströme eben so stark wie vorher genommen, so würde er vielleicht den Irrgarten bemerkt haben, in dem er lustwandelte.

In Versuch VI. und VII. sucht er an dem wahrscheinlich wieder undurchschnittenen Sympathicus zu zeigen, dass schwache Reizung den Herzschlag frequenter macht, mittelstarke nicht wirkt, starke ihn herabsetzt. Die Kritik dieser Versuche liegt in dem Gesagten.

In Versuch VIII. bemüht er sich, durch mechanische Reizung des N. Sympathicus vermittelst Dehnung auf das Herz zu wirken. Er erhält eine Zunahme der Frequenz. Specialitäten sind nicht bei diesem Versuche angegeben. Möglicher Weise ist die Beobachtung richtig.

Moleschott fasst seine Resultate in folgenden Sätzen zusammen:

1) Schwache Reizung des Sympathicus bewirkt eine vermehrte Häufigkeit des Herzschlages, was möglicher Weise richtig, aber von ihm nicht bewiesen wurde.
2) Diese Wirkung soll keine reflectorische sein. Wir haben das Unzulängliche seiner Beweisführung hinlänglich erkannt.
3) Starke electrische Reizung des Sympathicus kann das Herz zum Stillstand bringen. Es ist unzweifelhaft, dass diese Behauptung falsch ist. Sie beweist sehr entschieden, dass Moleschott bei seinen Versuchen alle Rücksicht auf Stromschleifen und die bei electrischen Versuchen nothwendigen Vorsichtsmassregeln vernachlässigt hat.

Wir gelangen nunmehr zur Kritik seiner letzten Arbeit, welche betitelt ist: „Experimenteller Beweis, nach welchem der Vagus ein Bewegungsnerv des Herzens ist."

Um seinen Lesern eine Vorstellung von der Sicherheit der Thatsache zu geben, dass eine richtig abgeschwächte Vagusreizung die Pulsfrequenz erhöht, giebt Moleschott gleich im Beginn wieder einen Versuch an einem Kaninchen, dessen rechter

Digitized by Google

Vagus „mit Hirn und Herz verbunden“ (!!) auf den Electroden lag und bemerkt, dass er denselben am 16. März seinen Zuhörern darlegte. Dies beweist, dass er auch in der dritten Arbeit noch nicht zur Einsicht gelangt ist.

In dem Versuch II. wünschte Moleschott mit unpolarisirbaren Electroden den Versuch zu wiederholen, zu welchem Ende er streifenförmige, mit concentrirter Zinkvitriollösung getränkte Bäusche herstellte, welche einerseits mit dem Nerven, andererseits mit Gefässen in Verbindung standen, welche dieselbe Lösung enthielten und mit der secundären Spirale in Communication gesetzt werden konnten. Der Nerv war durchschnitten und wurde durch Eiweisshäutchen vor dem Zinksalz in bekannter Weise geschützt. Betrachtet man den Erfolg der Reizung, so ist derselbe in diesem Falle ganz unläugbar, indem constant während der Reizung der Puls bedeutend höher ist als vorher und nachher. Gleichwohl überzeugt auch dieser Versuch mich nicht von dem, was Moleschott zu beweisen würscht. Denn da dieser Forscher, wie wir zur Genüge gesehen haben, mit den Vorsichtsmassregeln unbekannt ist, welche man anwenden muss, damit die electrische Reizung auf den Nerven isolirt bleibe, den man zu erregen wünscht, da man ferner mit den Bäuchen sehr nahe an den Hals des Thieres kommen muss, um den Vagus auflegen zu können, da ferner die Berührung auch nur eines Bauches mit nur einem Punkte des Halses vollkommen ausreichend ist, um Stromschleifen abzuzweigen, so sind die Bedenken gegen die Beweiskraft dieses Versuches auf das Schwerste begründet. Man könnte freilich denken, dass, weil er bei 28 Cm. Rollenabstand mit einer metallischen Nebenschliessung und nur einem Daniell arbeitete, würden die Stromschleifen, selbst wenn er sie gehabt hätte, nicht so bedeutend sein, um noch einen Effect in Nerven zu erzeugen, zu denen alle anderen Theile des Halses als Nebenschliessung dienten. Bei genauer Erwägung der Sachlage bleibt mein Bedenken dennoch in Kraft. Glücklicher Weise hat er gleich im folgenden Versuch III. ebenfalls mit derselben Vorrichtung wie bei Versuch II. und mit ganz denselben Stromstärken den centralen Stumpf des Vagus erregt und bei fast jeder der häufigen Reizungen Zuckungen des Thieres beobachtet. Dies zeigt, dass die Ströme trotz der metalli-

Digitized by Google

schen Nebenschliessung aus irgend einem Grunde, der vielleicht die Nebenschliessung ausgeschaltet hatte, doch nicht so schwach waren. Bei der Beurtheilung der Dichte einer Stromschleife kommt es aber noch im Allgemeinen darauf an, wie weit der von ihr betroffene Nerv von der Stelle liegt, wo dieselbe in den thierischen Theil hereinbricht. Da nun der Sympathicus dicht am Vagus verläuft, so ist es immerhin möglich, dass die electrische Strömung denselben an einer Stelle mit ausreichender Dichte erreichte.

Um zu zeigen, dass der Vagus nicht reflectorisch Pulsbeschleunigung zu bewirken vermöge, reizt Moleschott nun in Versuch III. den centralen Theil des durchschnittenen Vagus und beobachtet keine deutliche Wirkung. Dieser Versuch genügt uns nicht, weil bei jeder Reizung das Thier Zuckungen hat, welche ja, wie Moleschott selbst sagt und ich bestätigen kann, fast regelmässig von einer bedeutenden Verminderung der Frequenz begleitet sind. Hier könnte also diese Ursache die andere compensirt haben.

Moleschott versuchte hierauf am Multiplicator den Nachweis zu liefern, dass so schwache Ströme, wie er sie zur Reizung des Vagus anwandte, um die Frequenz des Herzschlages zu vermehren, auch eine Schwankung des ruhenden Nervenstromes hervorbrächten. Es wird dies für uns insofern von gar keiner Bedeutung sein, als der Stamm des N. Vagus, den er benutzte, ja sehr viele andere Nerven noch neben denen enthält, welche zum Plexus cardiacus gehen. Obwohl sich auch bei diesen Versuchen Moleschott der Blössen viele giebt, will ich sie doch, da sie für unsern Gegenstand ganz überflüssig sind, ferner übergehen.

In der letzten Abhandlung findet sich nun noch eine Serie von Experimenten, welche unsern Gegenstand berührt und die folgende Behauptung Moleschott's zu beweisen bestimmt ist: „Wenn diejenige Reizung, welche den Herzschlag häufiger macht, zu lange fortgesetzt wird, dann macht sie schliesslich den Puls bedeutend seltener oder hebt ihn vorübergehend auf.“ Das sind einige Versuche, bei denen es sich wieder um die Differenz von ein paar Pulsen handelt, welche bald eine Vermehrung, bald eine Verminderung der Fre-

Digitized by Google

quenz anzeigt. Tritt das erstere auf, so war der Nerv gereizt, beobachtet er das Letztere, so war er erschöpft.

Was hierauf noch von Moleschott vorgebracht ist, gehört zum Theil nicht strenge zu der Frage, ob der Vagus als ein motorischer Nerv des Herzens angesehen werden könne. Nur in theoretischen Betrachtungen sucht er die „alte Hemmungstheorie" als einen Irrthum darzustellen, der theils in mangelhafter Kenntniss der Thatsachen, theils in unlogischer Interpretation derselben begründet sei. Da Schiff schon oft seine Stimme gegen die herrschende Irrlehre erhoben, so drückt er wiederholt sein Staunen über die Gelehrtenwelt aus, welche ihm so schwer zugänglich für die Wahrheit erscheint. Ich habe von der öffentlichen Meinung eine bessere Ansicht, die darin besteht, dass heut zu Tage ganz gewiss eine entschiedene Wahrheit nicht unterdrückt werden kann, sondern stets bald die gebührende Anerkennung findet.

Wenn es mir nun auch nach Durchlesung der Untersuchungen von Schiff und Moleschott ganz unzweifelhaft erschien, dass die Behauptung derselben von der motorischen Natur der Rami cardiaci des N. Vagus nicht bewiesen war, so wünschte ich doch, mich nochmals durch sichere Versuche zu überzeugen, ob es eine schwache Stromstärke gebe, welche wirklich, wenn sie den Vagus allein trifft, einen motorischen Effect zur Folge hat. Freilich sieht man schon an der Entwickelung, welche trotz Schiff's renommirender Sprache der Streit genommen hat, dass die Vertheidiger der motorischen Wirkung der Rami cardiaci des Vagus am Unterliegen sind. Denn sie geben zu, dass man nur eine unbedeutende Vermehrung der Herzfrequenz im besten Falle zu erzeugen vermöge, und dass der Versuch nur bei einer ganz bestimmten Stärke des galvanischen primären Stromes und einer ganz bestimmten Stellung der secundären Spirale gelinge, wobei es auf eine Linie ankomme. (Schiff.) Ich weiss aber, wie bei den unregelmässigen Schwingungen der Feder des Electromagneten der Oeffnungsschlag so bedeutend in seiner Stärke schwankt, dass

Digitized by Google

man bei Differenzen der Stellung der secundären Spirale um mehre Linien, ja um 1 Centimtr. bei weiter Entfernung derselben von der primären Rolle gleiche Wirkung durch den Oeffnungsschlag wahrnehmen kann. Die Stärke dieser Ströme ist, wennn man von den Ruhepausen selbst absieht, der Intensität des Lichtes einer stark und unaufhörlich flackernden Flamme vergleichbar. Ich habe mich hiervon bei meinen Versuchen an dem electromagnetischen Fallapparat, der gewiss bessere Resultate geben muss als die schwingende Feder auf das Unzweifelhafteste überzeugt.

I.

Zuerst ist es klar, dass diejenigen Ströme, welche den Vagus nach Schiff erschöpfen und dadurch die herabgesetzte Frequenz bedingen, im ersten Momente ihrer Wirksamkeit doch reizen müssten. Giebt Schiff dies nicht zu, so behauptet er, dass man mit Reizmitteln Nerven erschöpfen könne, ohne dass sie sich auch nur einen Augenblick lang in dem Zustande der Erregung befunden haben, dass sie müde werden, ohne thätig gewesen zu sein. Da kein Physiologe geneigt sein dürfte, dieses Paradoxon zu unterschreiben, so würde doch so viel mit der höchsten Wahrscheinlichkeit unter Voraussetzung der Richtigkeit von Schiff's Behauptung zu folgern sein, dass auch die stärkeren, nach Schiff „erschöpfenden" Ströme eine wenn auch noch so kurze Zeit einen Reizzustand der Vagi bedingen, welcher sich, weil die Vagi motorische Nerven sind, in einer wenn auch sehr schnell vorübergehenden Verstärkung der Herzaction bemerkbar machen müsste. Aus diesem Grunde wünschte ich genauer die Art der allerersten Veränderungen des Pulsschlages zu studiren, wie sie nach der bekannten Reizung der Vagi wahrzunehmen sind. Ich verfuhr zu dem Ende folgendermassen. Mit einem Blatt glatten Papieres, welches durch eine Terpentinflamme mit einem schönen, schwarzen Hauche von Russ belegt war, überzog ich den Cylinder des Traube'schen Kymographions. Darauf befestigte ich in dem Tische dieses Apparats einen kräftigen Metallstab, an dem ein Halter verschiebbar war, der mein den Physiologen bekanntes kleines Myographion kräftig trug und es in jeder beliebigen Lage, die noth-

Digitized by Google

wendig werden konnte, zu fixiren gestattete. Den Schreibhebel hatte ich durch ein geeignetes Gegengewicht sehr leicht beweglich gemacht und sorgfältig zwischen seinen Spitzen eingestellt. Er wurde durch das Rädchen des optischen Zuckungstelegraphen getragen, wie ihn Dubois zu Vorlesungsversuchen benutzt und in einem Aufsatz der Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1862 beschrieben hat. Die Hülse dieses Rädchens, an dem die Fahne sich befindet, verschob sich auf der kleinen Mennigsäule meines Myographions. Nachdem das Kaninchen aufgebunden ist, eröffnet man den Thorax beiderseits und unterhält die künstliche Respiration, spaltet das Pericardium und befestigt in dem Fleisch der Herzspitze ein Metallhäckchen, welches einen Faden führt, der mit dem Zuckungstelegraphen in Verbindung steht. Sowie also der zuckende Muskel diesen Telegraphen bewegt, so soll es das Herz durch seine Zusammenziehung. Wenn man die Spitze des Schreibhebels gegen die rotirende Trommel lehnt, zeichnet sie die feinsten Curven auf. Weil aber das kleine Myographion an seinem Eisenständer verschiebbar ist, kann man viele Curvenreihen untereinander zeichnen und hat also nicht die Mühe, nach jeder Minute einen neuen Ueberzug für den rotirenden Cylinder herstellen zu müssen. Nun kommt es noch darauf an, dass auf dem Cylinder ganz genau der Moment verzeichnet sei, wann die Reizung des Vagus beginnt. Ich bediente mich des Verfahrens, welches Helmholtz zur rechtzeitigen Auslösung des Inductionsschlages benutzte, als er die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven nach der graphischen Methode bestimmen wollte. Um aber dieses Princip auch am Traube'schen Instrumente ausführbar zu machen, schraubte ich die Wippe am Myographion von Helmholtz ab und befestigte sie in geeigneter Weise an dem Tische des Kymographion. Der grosse Cylinder desselben trägt unten einen starken metallischen Fortsatz, wo sich das Charnier für einen Metallarm befindet, der das Zeichenpapier auf der Trommel festklemmt. Diesen Fortsatz benutzte ich so wie Helmholtz den Daumen seiner Schwungscheibe am Myographion und stellte den knieförmigen Winkel der Wippe so, dass jener Charnierfortsatz bei der Rotation des

Digitized by Google

Cylinders einmal gegen den Winkel anstossen musste, wobei die Oeffnung am Platinplättchen eine kurze metallische Nebenschliessung beseitigte, welche ich zum Nerven angebracht hatte. Die Helmholtz'sche Wippe repräsentirte also mit einem Worte den Tetanisirschlüssel, den der Charnierfortsatz öffnete. Stets hielt ich aber noch einen Schlüssel im secundären Kreis bereit, um denselben sofort zu gebrauchen, wenn der Wippenschlüssel nicht wirksam sein konnte oder sollte. Die Vorrichtung bewährte sich vorzüglich. Um nun den Augenblick auf dem Cylinder zu markiren, wann die Reizung der Vagi beginnt, was bei jedem einzelnen Versuche geschehen muss, und zwar entweder unmittelbar vor- oder nachher, so verfuhr ich folgendermassen. Der Wippenschlüssel wird geschlossen und mit der Hand festgehalten, der Cylinder des Kymographion in Bewegung gesetzt. Sobald der Charnierfortsatz an den Wippenschlüssel stösst, kann er diesen, der festgehalten wird, nicht öffnen, so dass der Cylinder in seiner Bewegung anhält und stehen bleibt. Nun lehne ich die durch die Herzcontractionen fortwährend auf und nieder steigende Schreibspitze gegen das Papier, auf welchem ein verticaler Strich an der Stelle verzeichnet wird, wo die Spitze in dem Augenblicke sich befindet, wann der Fortsatz an den Wippenschlüssel stösst, wann also die Reizung beginnt. Um die Curven bequem studiren und aufheben zu können, war es nothwendig, sie auf dem Papier zu fixiren. Das geschieht aber einfach dadurch, dass man Collodium über die Curven giesst. Schnell ist es getrocknet und legt einen dünnen, weisslichen Hauch über dieselben, welcher absolut schützt, ohne die Beobachtung zu stören.

Sehr viele Versuche habe ich zunächst mit so starken Strömen angestellt, welche das Herz auf der Stelle zum Stillstande bringen. Betrachtet man die Action des Muskels nach dem Augenblick der Reizung, so ist es höchst merkwürdig, dass zwei Wellengipfel dem Beginn der Reizung nachfolgen. Erst dann steht das Herz vollkommen still. Die Spitze zeichnet eine gerade Linie, welche fast ausnahmslos bedeutend tiefer liegt, als die tiefsten Lagen, welche sie jemals vorher während der normalen Bewegung einnahm. Hieraus geht hervor, dass das Herz total erschlafft ist, und dass bei der gewöhnlichen Herz-

Digitized by Google

arbeit des Kaninchens die neue Contraction so rasch der vorhergehenden nachfolgt, dass der Muskel keine Zeit behält, auf längere Strecken dem Zuge, welcher ihn zu verlängern strebt, zu folgen.

Was gewahrt man nun an diesen beiden vor dem Herzstillstand noch erfolgenden Contractionen? Wenn man von sehr kleinen inconstanten Unregelmässigkeiten absieht, wie sie fortwährend vorkommen, erkennt man absolut Nichts, sondern es unterscheiden sich diese Curven von denjenigen vor der Reizung gar nicht. Ich habe die Dauer der Contractionen, die Grösse derselben, die Abstände der Gipfel genau gemessen. Wie gesagt, es ist keine Spur einer Beeinflussung dieser beiden letzten Contractionen, welche nach dem Beginn der Reizung der N. Vagi vor dem definitiven Herzstillstand beobachtet werden, zu erkennen. Das gilt auch, wenn gleichzeitig beide Vagi electrisirt werden, was ich gewöhnlich ausführte. Diese Thatsache ist auffallend. Wenn man überzeugt ist, dass der Vagus nicht direct die Substanz des Herzens beeinflusst, sondern nur die motorischen Centralapparate desselben, so begreift es sich wohl, dass, wenn man den Vagus in dem Stadium der latenten Reizung des Herzmuskels erregt, die nachfolgende Zuckung nicht mehr ausbleibt. Es würde plausibel sein, wenn der Reiz, der in der Diastole beginnt, den nächsten Schlag nicht mehr aufzuheben vermöchte. Dass man aber zu einer Zeit, wo sicher das nervöse Centrum einen Innervationsstrom noch lange nicht ausgelöst hat, dessen Action auf den Muskel durch Vagusreizung doch nicht verhindern kann, scheint zu zeigen, dass während das Herz eine Contraction ausführt, in seinen motorischen Centralorganen die Innervationskraft für den folgenden Schlag bereits so weit entwickelt und disponirt ist, dass die Vagi keine Macht mehr über dieselbe besitzen. Ich würde diesen Thatsachen eine grössere Bedeutung beilegen, wenn das Herz nicht durch den Fleischhaken doch eine continuirliche Reizung erlitte, so dass die Verhältnisse nicht so ohne Weiteres auf die normalen übertragbar sind. Um diese Frage definitiv zu entscheiden, müsste man sich entweder an den Puls halten, den man mit Traube's Haematokymographion aufzeichnen lässt, oder an die secundäre Zuckung vom pulsirenden Herzen aus, welche

Digitized by Google

beim Kaninchen niemals versagt, wenn sie auch wegen der Erwärmung des N. Ischiadicus des Frosches nicht lange vorhält. Die Erwärmung liesse sich aber vermeiden, wenn man dem stromprüfenden Schenkel den Herzstrom mittelbar durch geeignete Leiter zuführte. Die günstigste Lagerung des Nerven ist die, wenn die centralen Theile desselben auf der Herzspitze die peripherischen nach der Herzbasis zu liegen. Auch bei dem Froschherzen ist dies, wie ich schon lange weiss, die günstigste Anordnung. Jedenfalls dürfte nun die absolute Indifferenz der beiden Herzschläge vor dem durch die Vagusreizung bewirkten Stillstand kein Moment abgeben, was uns berechtigt, zu glauben, dass der Muskel erschlafft ist, weil sein motorischer Nerv zu stark gereizt worden war. Man sollte dann doch eine Verstärkung auch nur eines Herzschlages erwarten, von dem keine Spur zu sehen ist.

Gehen wir nun weiter und fragen wir, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn die Vagi durch mittelstarke Ströme gereizt werden, das heisst durch solche, die den Herzschlag nur verlangsamen, aber nicht aufheben.

Diese Versuche ergaben ausnahmlos — und ich habe deren in den letzten Jahren sehr viele angestellt — das Resultat, dass abermals nach dem Augenblick der Reizung noch zwei Wellenberge kommen, welche sich in Nichts von den vorhergehenden unterscheiden. Darauf aber tritt der Unterschied hervor. Nach dem Ende der zweiten indifferenten Contraction sinkt der Schreibstift tiefer als sonst in der Diastole, welche ausnahmlos länger ist, so dass der betreffende Wellengipfel weiter absteht von dem gleichen der letzten indifferenten Curve, als dieser Gipfel von dem vorhergehenden. Die ausnahmslose erste Wirkung nach Reizung der Vagi mit mittelstarken Strömen ist Verlängerung der Diastole. Diese macht sich zwischen allen Schlägen kund, so lange die Reizung anhält. Aus diesen Erörterungen geht also das wichtige Princip hervor, dass die erste Spur sichtbarer Wirkung der Vagusreizung in einer zeitlichen Verzögerung des motorischen Effectes besteht.

Betrachten wir nun die Contractionen während der Vagusreizung, so zerfallen sie mit Bezug auf die Höhe der Curven,

Digitized by Google

welche durch sie gezeichnet werden in drei Gruppen. Diese erscheinen entweder grösser, gleich oder kleiner als vor und nach der Reizung. Welches die Bedingungen hierfür sind, wird durch Berücksichtigung der Stärke der Inductionsströme erkannt. Wenn ich nämlich eine 10—20 Mm. langes isolirtes Stück eines Vagus auf die Bleche der stromzuführenden Vorrichtung legte und dann mit fast übergeschobenen Rollen reizte, in welchem Falle ungeheure Schläge den Nerven durchsetzten, so sah ich, nachdem längere Zeit das Herz still gestanden, ungemein niedrige Curven, die durch ausserordentlich schwache Systolen bedingt waren. Als die Reizung aufhörte, begannen auch erst ganz niedrige Curven, welche allmählig anwachsend die Höhe der vor der Reizung beobachteten erreichten. Hiernach sieht man, dass heftigste Reizung der Vagi nicht bloss die Zahl, sondern auch die Stärke der Herzcontractionen, also wohl auch der motorischen Innervation herabsetzt. Um dieses Phänomen zu beobachten, ist es zwar vortheilhaft, aber nicht unerlässlich, dass beide Vagi tetanisirt werden. Wenn man solche Stromstärken wählt, welche gleich im Beginne nur $\frac{1}{2}$ bis 1 Secunden lange Diastolen erzeugen, so erscheinen die Curven ebenfalls bald niedriger als vorher und nachher, bald gleich hoch, bald höher.

Es kommt bei der Reizung mit mittelstarken Strömen, welche die Diastole deutlich vergrössern und die Zahl der Pulse vermindern, ganz gewöhnlich vor, dass jede Contraction während der Reizung eine beträchtliche höhere Curve erzeugt als vorher. Dies trat dann immer ein, wenn die schreibende Spitze während der Diastole nicht zur Ruhe kam, immer also, wenn der Vagus nicht allzustark gereizt worden war.

Ein Grund für die Erzeugung der höheren Curve während der Reizung wird nun wohl in folgendem Umstande liegen. Sobald die Wirkung der Vagusreizung anhebt, vergrössert sich die Diastole und der Zeichenhebel fährt also fort, abwärts zu sinken in einer Zeit, in welcher er sonst wegen der bereits beginnenden neuen Contraction wieder im Steigen begriffen sein würde. Bloss durch die elastische Wirkung des Herzmuskels schwingt der Zeichenhebel später wieder beträchtlich aufwärts, wie man deutlich an allen Stellen vor dem Stillstand des Her-

Digitized by Google

zens nach der letzten Contraction sieht. Beginnt nun die neue Contraction während der Vagusreizung in einem Augenblick, wo der Zeichenhebel in Folge der elastischen Schwankung mit einer bestimmten, oft nicht unbedeutenden Geschwindigkeit nach aufwärts steigt, so wird sich diese zu der Geschwindigkeit addiren, welche die Contractionskraft dem Schreibhebel überhaupt ertheilt. So könnte es kommen, dass eine kleinere Contractionskraft jetzt eine höhere Curve erzeugt, als vorher eine grössere Kraft. Denn vorher, das heisst während der N. Vagus nicht gereizt wurde, begann regelmässig die neue Contraction beim normal pulsirenden Herzen schon zu einer Zeit, wo der Zeichenhebel noch mit beträchtlicher lebendiger Kraft nach abwärts fiel, so dass letztere von derjenigen sich abzieht, welche die Contractionskraft der nächsten Systole hervorzurufen vermag.

Ob diese Subtraction auch ausreicht, die oft während der Vagusreizung sehr verstärkten Herzcontractionen zu erklären, vor denen die Spitze eine gerade horizontale Linie verzeichnete, muss ich unentschieden lassen. So viel geht aus all meinen Curven hervor, dass die Höhe derselben um so geringer ist, je länger die Diastolen sind und je länger die Reizung schon angehalten, während die höheren Curven mit kurzer Diastole vereint und zwar hauptsächlich im Beginn der Vagusreizung erscheinen.

Es folgt jedenfalls aus diesen Thatsachen nicht, dass schwächere Vagusreizung direct und specifisch eine Verstärkung der motorischen Herzinnervation bedinge. Denn die Höhe der Curven während der Vagusreizung wird durch verschiedene Umstände begünstigt. Der erste ist die bereits bezeichnete Subtraction, welche die während der Vagusruhe gezeichneten Curven niedriger zu machen strebt. Das zweite begünstigende Moment liegt darin, dass der Herzmuskel bei längerer Diastole sich besser ausruht und reizbarer werden konnte, so dass selbst eine schwächere Innervation eine stärkere Zuckung hervorzurufen vermöchte. Ein dritter Umstand ist darin begründet, dass die Herzhöhlen mehr Blut aufnehmen müssen, wenn die Diastole längere Zeit dauert, was auch von allen Beobachtern angegeben wird. Das Herz schwillt ja während der Vagusreizung wahrhaft auf. Damit die Ventrikel das grössere Blutquantum in das Aorten-

Digitized by Google

system pressen können, müssen sie eine grössere Arbeit leisten. Nun ist es ja bekannt, dass vermöge eines compensatorischen Mechanismus, der noch nicht hinreichend aufgeklärt wurde, die Energie der Herzcontractionen innerhalb weiter Grenzen der Grösse der zu leistenden Arbeit sich accomodirt. Mir würde es deshalb am plausibelsten erscheinen, dass die Reizung der N. Vagi stets nicht blos die Diastole vergrössere, sondern auch die Stärke der motorischen Herzinnervation vermindere. Während aber die Diastole schon verlängert wird durch die allerschwächsten Ströme, welche keinen Frosch-Ischiadicus so zu reizen vermögen, dass eine Spur von Zuckung entsteht, so tritt die Verringerung der Contractionsstärke erst bei sehr hohen Stromeskräften deutlich hervor. Wahrscheinlich strebt auch bei den schwachen Strömen der Vagus dieselbe Verringerung der motorischen Innervation wenn auch in sehr geringem Maasse zu erzeugen; es wird aber diese schwache deprimirende Action, welche die Verlängerung der Diastole mit Nothwendigkeit nach sich zieht, übercompensirt.

Der Schluss, welchen ich aus allen diesen Versuchen ziehe, ist der, dass diejenige Reizung, welche die Pulsfrequenz verlangsamt, sich an dem Herzen zeitlich zuerst durch kein anderes Symptom als die Verlängerung der Diastole manifestirt. Wenn der Vagus, wie Schiff und Moleschott behaupten, die Pulsfrequenz vermehren könnte, so müsste selbst bei vorausgesetzter hoher Erschöpfbarkeit doch wenigstens eine Diastole verkürzt sein und eine Contraction vergrössert. Statt dessen ist das Erste was man sieht: Verlängerung der Diastole.

II.

Bei einer zweiten Methode verfuhr ich, um die unbekannte Stromstärke zu finden, welche die Frequenz des Herzschlages vermehren soll, so, dass ich die secundäre Spirale aus weiter Ferne ganz allmälig der primären näherte, während das Herz seine Contractionen aufzeichnete. In dem Kreise der secundären Spirale waren natürlich die Reizelectroden befindlich, auf welchen der Vagus des Kaninchens lag. Nachdem ich eine Abscisse für jede Curvenreihe aufgezogen hatte, trug ich vertikale

Digitized by Google

Ordinaten in regelmässigen Abständen auf dieser ab, so dass der Raum zwischen zwei solchen Strichen einer Zeit von ungefähr 3 Secunden entsprach. In einzelnen Fällen mass ich auch den horizontalen Abstand je zweier auf einander folgenden Curvengipfel, was wegen ihrer Spitzigkeit sicher ausführbar ist. In allen Versuchen zeigte sich die erste Wirkung des Stromes niemals durch ein Zusammenrücken der Curven, eine Verkürzung der Diastole, sondern stets durch eine Verlängerung derselben. Zum Beweise mögen folgende Zahlen mitgetheilt werden:

Versuch I.

Ein Grove an der primären Rolle, in welcher sich keine Eisendrähte befinden. Secundäre Spirale in so weiter Entfernung von der primären, dass der N. Ischiadicus eines Frosches durch den Inductionsstrom nicht afficirt wird. Ganz allmälig wird im Laufe einer Minute die Inductionsrolle der primären genähert, bis deutliche Wirkung sich bemerkbar macht. Die Zahl der Pulse für $\frac{1}{2}$ Minute bestimmt.

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der von 0 an wachsenden Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = $^1/_{22}$ Minute.	Pulszahl in $^1/_{22}$ Minute.	Zeittheilchen = $^1/_{22}$ Minute.	Pulszahl in $^1/_{22}$ Minute.
No. 1.	12	No. 8.	11
„ 2.	10	„ 9.	11
„ 3.	11	„ 10.	11
„ 4.	10	„ 11.	11
„ 5.	11	„ 12.	10
„ 6.	11	„ 13.	10
„ 7.	11	„ 14.	11
		„ 15.	9
		„ 16.	7
		„ 17.	4
		No. 18.	4
		„ 19.	3
		„ 20.	4

Versuch II.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = $^1/_{22}$ Minute.	Pulszahl in $^1/_{22}$ Minute.	Zeittheilchen = $^1/_{22}$ Minute.	Pulszahl in $^1/_{22}$ Minute.
No. 1.	11	No. 5.	10
„ 2.	10	„ 6.	10
„ 3	10	„ 7.	10
„ 4.	10	„ 8.	11
		„ 9.	10
		„ 10.	10
		„ 11.	11
		„ 12.	10
		„ 13.	11
		„ 14.	10
		„ 15.	11
		„ 16.	10
		„ 17.	10
		„ 18.	10
		„ 19.	6
		„ 20.	4
		„ 21.	4

Digitized by Google

Versuch III.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	9	No. 5.	9
„ 2.	9	„ 6.	9
„ 3.	9	„ 7.	9
„ 4.	9	„ 8.	9
		„ 9.	9
		„ 10.	9
		„ 11.	9
		„ 12.	8
		„ 13.	9
		„ 14.	8
		„ 15.	9
		„ 16.	8
		„ 17.	8
		„ 18.	9
		„ 19.	7
		„ 20.	5

Versuch IV.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	10	No. 5.	10
„ 2.	10	„ 6.	10
„ 3.	10	„ 7.	11
„ 4.	11	„ 8	10
		„ 9.	10
		„ 10.	10
		„ 11.	9
		„ 12	10
		„ 13.	6
		„ 14.	5
		„ 15.	4
„ 16.	10		

Versuch V.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	10	No. 5.	10
„ 2.	10	„ 6.	10
„ 3.	9	„ 7.	10
„ 4.	10	„ 8.	9
		„ 9.	10
		„ 10.	10
		„ 11.	10
		„ 12.	10
		„ 13.	10
		„ 14.	10
		„ 15.	9
		„ 16.	5
		„ 17.	4
		„ 18.	2
		„ 19.	6
„ 20.	10		

Versuch VI.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	10	No. 5.	9
„ 2.	10	„ 6.	10
„ 3.	9	„ 7.	10
„ 4.	10	„ 8.	10
		„ 9.	10
		„ 10.	10
		„ 11.	10
		„ 12.	10
		„ 13.	10
		„ 14.	9
		„ 15.	10
		„ 16.	9
		„ 17.	9
		„ 18.	8
		„ 19.	8
		„ 20.	7
		„ 21.	7
		„ 22.	5

Digitized by Google

Versuch VII.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	9	No. 5.	9
„ 2.	9	„ 6.	9
„ 3.	9	„ 7.	10
„ 4.	10	„ 8.	9
		„ 9.	8
		„ 10.	9
		„ 11.	9
		„ 12.	9
		„ 13.	9
		„ 14.	9
		„ 15.	9
		„ 16.	9
		„ 17.	10
		„ 18.	9
		„ 19.	9
		„ 20.	7
		„ 21.	5
		„ 22.	4

Versuch VIII.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	10	No. 6.	10
„ 2.	10	„ 7.	10
„ 3.	10	„ 8.	10
„ 4.	10	„ 9.	10
„ 5.	10	„ 10.	9
		„ 11.	10
		„ 12.	9
		„ 13.	9
		„ 14.	9
		„ 15.	10
		„ 16.	9
		„ 17.	9
		„ 18.	4
		„ 19.	4
		„ 20.	2
		„ 21.	4

Versuch IX.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	9	No. 5.	10
„ 2.	10	„ 6.	10
„ 3.	10	„ 7.	9
„ 4.	10	„ 7.	10
		„ 9.	10
		„ 10.	10
		„ 11.	9
		„ 12.	8
		„ 13.	8
		„ 14.	9
		„ 15.	7
		„ 16.	8
		„ 17.	7
		„ 18.	7
		„ 19.	4

Versuch X.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	5	No. 5.	6
„ 2.	6	„ 6.	5
„ 3.	6	„ 7.	5
„ 4.	5	„ 8.	6
		„ 9.	4
		„ 10.	6
		„ 11.	5
		„ 12.	3
		„ 13.	3
		„ 14.	2
		„ 15.	4
		„ 16.	2
		„ 17.	1
„ 18.	3		
„ 19.	4		
„ 20.	5		
„ 21.	5		

Digitized by Google

Versuch XI.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	5	No. 5.	5
„ 2.	5	„ 6.	5
„ 3.	5	„ 7.	4
„ 4.	5	„ 8.	5
		„ 9.	5
		„ 10.	5
		„ 11.	5
		„ 12.	3
		„ 13.	3
		„ 14.	2
		„ 15.	2
		„ 16.	1
		„ 17.	1
		„ 18.	2
„ 19.	4		
„ 20.	5		
„ 21.	5		

Versuch XII.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	5	No. 6.	4
„ 2.	5	„ 7.	5
„ 3.	5	„ 8.	5
		„ 9.	5
		„ 10.	5
		„ 11.	5
		„ 12.	5
		„ 13.	5
		„ 14.	4
		„ 15.	5
		„ 16.	5
		„ 17.	4
		„ 18.	2
		„ 19.	1
		„ 20.	1
„ 21.	4		
„ 22.	5		

Versuch XIII.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	12	No. 5.	11
„ 2.	12	„ 6	11
„ 3.	11	„ 7.	11
„ 4.	11	„ 8.	12
		„ 9.	11
		„ 10.	11
		„ 11.	11
		„ 12.	12
		„ 13.	11
		„ 14.	11
		„ 15.	10
		„ 16.	9
		„ 17.	7
		„ 18.	3
		„ 19.	6
„ 20.	8		
„ 21.	11		

Versuch XIV.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	9	No. 5.	8
„ 2.	9	„ 6.	8
„ 3.	10	„ 7.	8
„ 4.	8	„ 8.	8
		„ 9.	8
		„ 10.	8
		„ 11.	8
		„ 12.	7
		„ 13.	7
		„ 14.	7
		„ 15.	5
		„ 16.	4
		„ 17.	5
		„ 18.	4
		„ 19.	3
„ 20.	6		
„ 21.	8		

Digitized by Google

Versuch XV.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	5	No. 5.	6
„ 2.	6	„ 6.	6
„ 3.	6	„ 7.	6
„ 4.	6	„ 8.	6
		„ 9.	6
		„ 10.	6
		„ 11.	5
		„ 12.	6
		„ 13.	6
		„ 14.	5
		„ 15.	2
		„ 16.	2
		„ 17.	2
		„ 18.	2
		„ 19.	2
		„ 20.	2
„ 21.	6		

Versuch XVI.

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	13	No. 5.	11
„ 2.	11	„ 6.	11
„ 3.	10	„ 7.	11
„ 4.	11	„ 8.	10
		„ 9.	12
		„ 10.	11
		„ 11.	10
		„ 12.	11
		„ 13.	11
		„ 14.	11
		„ 15.	11
		„ 16.	10
		„ 17.	4
		„ 18.	4
		„ 19.	5
„ 20.	8		
„ 21.	10		

Aus diesen Versuchen geht also hervor, dass, während die Stärke der Inductionsströme von 0 aus anschwillt bis zu derjenigen Grösse, welche die Frequenz herabsetzt, keine kurze Periode existirt, in welcher jene momentan vermehrt wäre. Will aber Schiff und Moleschott diese Versuche entkräften, so müsste er behaupten, dass bei allen die richtige frequenzvermehrende Stromstärke zu kurze Zeit auf den Nerven gewirkt, um zur deutlichen Erscheinung zu gelangen. Hierauf erwidere ich, wie schwer es bei dem so langsamen Anschwellen des Stromes glaublich erscheint, dass der Nerv auch nicht 3 Secunden lang in schwacher Erregung sollte gewesen sein, ehe er erschöpft worden. Um diesem Einwande ferner Rechnung zu tragen, wollte ich nun während einer Minute die Rolle nicht von äusserster Entfernung bis in diejenige Nähe rücken, durch welche Frequenzabnahme bedingt ist, sondern in einem Versuche von 48 Cm. Abstand auf 33, in einem zweiten von 33 bis 18, in einem dritten von 18 bis 5 Cm. Bei dieser Anordnung konnte der Nerv der schwachen Stromstärke, welche denselben längere Zeit erregen kann, nicht entgehen.

Digitized by Google

Versuch XVII.

Rollenabstand nimmt während einer Minute stetig von 48—33 Cm. ab. Ein kleiner Grove. Eisendrähte aus der primären Rolle eines gewöhnlichen kleinen Magnetelectromotors, aus Siemens und Halske's Werkstätte, entfernt.

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	12	No. 5.	10
„ 2.	10	„ 6.	11
„ 3.	11	„ 7.	10
„ 4.	10	„ 8.	11
		„ 9.	10
		„ 10.	11
		„ 11.	10
		„ 12.	11
		„ 13.	10
		„ 14.	11
		„ 15.	10
		„ 16.	10
		„ 17.	11
		„ 18.	10
		„ 19.	11
„ 20.	10		
„ 21.	10		

Versuch XVIII.

Bedingungen wie vorher. Rollen während der einen Minute der Reizung verschoben, allmälig und stetig von 33 auf 18 Cm. Abstand.

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	10	No. 5.	10
„ 2.	10	„ 6.	10
„ 3.	10	„ 7.	10
No. 4.	10	No. 8.	10
		„ 9.	10
		„ 10.	10
		„ 11.	10
		„ 12.	10
		„ 13.	10
		„ 14.	10
		„ 15.	10
		„ 16.	10
		„ 17.	10
		„ 18.	10
		„ 19.	10
„ 20.	10		
„ 21.	10		

Versuch XIX.

Dasselbe Kaninchen, das zu Versuch XVII. und XVIII. gedient hat; abermals die Rollen während der Reizung von 33 auf 18 Cm. allmälig verschoben.

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.	Zeittheilchen = 1/22 Minute.	Pulszahl in 1/22 Minute.
No. 1.	9	No. 5.	9
„ 2.	9	„ 6.	9
„ 3.	9	„ 7.	9
„ 4.	9	„ 8.	9
		„ 9.	8
		„ 10.	9
		„ 11.	9
		„ 12.	9
		„ 13.	9
		„ 14.	9
		„ 15.	9
		„ 16.	9
		„ 17.	9
		„ 18.	9
		„ 19.	8
„ 20.	9		
„ 21.	9		

Digitized by Google

Versuch XX.

Bei demselben Kaninchen wird während der Reizung die secundäre Spirale von 48 auf 33 Cm. allmälig verschoben.

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = $^1/_{22}$ Minute.	Pulszahl in $^1/_{22}$ Minute.	Zeittheilchen = $^1/_{22}$ Minute.	Pulszahl in $^1/_{22}$ Minute.
No. 1.	9	No. 5.	9
„ 2.	8	„ 6.	9
„ 3.	9	„ 7	8
„ 4.	9	„ 8.	9
		„ 9.	9
		„ 10.	8
		„ 11.	9
		„ 12.	8
		„ 13.	9
		„ 14.	9
		„ 16.	8
		„ 16.	9
		„ 17.	9
		„ 18.	9
„ 19.	9		
„ 20.	9		
„ 21.	8		

Versuch XXI.

Bei demselben Kaninchen. Secundäre Rolle wird während der Reizung allmälig und stetig von 18 Cm. Abstand auf 5 Cm. verschoben.

Zahlen, die der Ruhe entsprechen.		Zahlen, die der Reizung entsprechen.	
Zeittheilchen = $^1/_{22}$ Minute.	Pulszahl in $^1/_{22}$ Minute.	Zeittheilchen = $^1/_{22}$ Minute.	Pulszahl in $^1/_{22}$ Minute.
No. 1.	9	No. 5.	8
„ 2.	9	„ 6.	9
„ 3.	9	„ 7.	9
„ 4.	9	„ 8.	8
		„ 9.	8
		„ 10.	7
		„ 11.	7
		„ 12.	6
		„ 13.	4
		„ 14.	4
		„ 15.	3
„ 16.	8		
„ 17.	9		
„ 18.	8		
„ 19.	8		
„ 20.	9		
„ 21.	8		

Wie man sieht, beginnt die wirksame Stromstärke in dem Spatium zwischen 18 bis 5 Cm. Abstand der Inductionsrollen von einander. Früher war niemals, sage absolut niemals, eine Frequenzvermehrung zu beobachten. Will man auf sehr kleine Abweichungen Gewicht legen, so würde aus ihnen abermals keine Vermehrung, sondern eine Verminderung der Frequenz folgen.

Da ich von meinen Gegnern glaube, dass sie trotz der überzeugenden Sprache der zweiten Serie von Experimenten nicht anstehen werden, sich zu berufen auf die **ganz bestimmte** kleine Stromstärke, welche nur die wirksame ist, so dass jede auch nur eine Spur grössere auf der Stelle den Vagus erschöpft, jede eine Spur kleinere nichts mehr bewirkt, dass ferner diese eine wundersame Stromstärke, welche wirksam ist, selbst nur

Digitized by Google

eine Spur von Wirkung erzeugt (Schiff), so dass man dieselbe am besten eine ganze Minute auf den Nerven einwirken lassen muss, falls man einen deutlichen Erfolg gewahren will, so will ich auch dem noch Rechnung tragen, damit Nichts versäumt werde, was uns den Anblick des verschämten famosen Schiff-Moleschott'schen Phänomenes zu Gesicht bringen kann.

Gehen wir also an's Werk. Um die Kraft des Schlittenmagnetelectrometors abzuschwächen, entnahm ich abermals die Eisendrähte aus der primären Rolle und entfernte stets die secundäre weit über diejenige Stellung, von welcher aus ein Frosch-Ischiadicus noch eine Spur von Erregung darbot. Ich wollte nun abwechselnd eine Minute reizen, und eine Minute den Nerven nicht erregen, jedesmal aber die secundäre Spirale um 1 Centimeter der primären nähern und so fort, bis ich in ein Bereich evidenter Wirkung gelangte. Falls mir nun Schiff und Moleschott die Einwendung erheben wollten, dass die Verschiebung von einem ganzen Centimeter selbst bei diesem weiten Abstande der Inductionsrollen von einander zu gross sei, so müsste ich auf meine Erfahrungen über Reizung von Nerven mit Inductionsströmen, welche grösstentheils in meinem Buche über den Electrotonus berührt sind, verweisen. Selbst wenn mit Hülfe meines electromagnetischen Fallapparates die Oeffnung des primären Kreises mit immer derselben Geschwindigkeit ausgeführt wird, so erhält man bei ganz gleicher unveränderter Stellung der secundären zur primären Spirale Zuckungen der allerverschiedensten Grösse. Ich weiss bestimmt, dass unter Voraussetzung grossen Abstandes der beiden Inductionsrollen von einander, wie er bei diesen Versuchen vorhanden ist, eine Veränderung des Abstandes um 1 Centimeter eine Veränderung der Reizstärke bedingt, welche nicht grösser ist als die zufälligen Veränderungen der Reizstärke, wie sie durch die fortwährend schwankende Gestalt der Oeffnungsschläge bedingt sind. Die Behauptung also, dass bei Variationen des Abstandes der Rollen um jedesmal 1 Cm. leicht die richtige Stromstärke übersprungen werde, dürfte somit nur eine unbegründete Ausflucht bleiben. Schliesslich möchte man aber doch fragen, inwiefern denn Schiff so immer vom Zufall vor uns Anderen begünstigt wurde, dass er so leicht die richtige Strom-

Digitized by Google

stärke findet; denn er hat ja auch keine andere Methode als die zu Tasten. Ich will auf diesen Punkt des Treffens der richtigen „wirksamen Stromstärke“ nach Mittheilung der Versuche noch einmal zurückkommen. Um nun die ungeheure Zahl der Pulse des Kaninchens zu zählen, verfuhr ich wie Schiff und Moleschott, indem dieselben an den Bewegungen der Explorationsnadel abgelesen wurden. Den Nerven erhielt ich mit diluirtem Eiweiss feucht und bemerkte zu meiner Befriedigung, dass er sich trotz Abkühlung und Freiliegen auf den Blechen der stromführenden Vorrichtung 3 Stunden lang sehr gut reizbar erhält, also in der That vorzüglich zur Prüfung vieler Stromstärken sich darbietet. Was die Zählung der Schwingungen der Explorationsnadel betrifft, so ist diese bei Anwendung einiger Kunstgriffe und der nothwendigen Assistenz so sicher auszuführen, dass der Beobachtungsfehler nicht mehr als 1 Puls betragen kann. Bei schärfster Aufmerksamkeit lässt sich auch dieser noch vermeiden. Hat man viele solcher Versuche angestellt und die nothwendige Uebung im Zählen erlangt, so überzeugt man sich, dass man mit Sicherheit, wenn auch schwierig und mühsam, bei günstigsten Bedingungen Veränderungen der Pulsfrequenz von 1—2 pCt. noch zu demonstriren vermöchte. Bei diesen Versuchen habe ich es sehr vortheilhaft gefunden, die Thiere an den vier Beinen und dem Kopf ohne irgendwelche Behinderung der Respiration auf einem Brette so festzubinden, dass sie sich absolut nicht bewegen können, und bei Bewegungsversuchen der Vagus auf seinen Blechen nicht verschoben wird. Dies gewährt den ferneren Vortheil, dass das Thier bald absolut ruhig liegt, was eine fast wunderbare Constanz der Pulsfrequenz zur Folge hat, die der Untersuchung natürlich sehr zu Statten kommt. Jede heftige Bewegung bewirkt erst eine starke momentane Abnahme der Frequenz, der eine Zunahme zu folgen scheint.

Versuch I.

Die erste Spur einer Reizung des Frosch-Ischiadicus wird bei einem Abstande von 33 Centimetern beobachtet. Die Länge des Nervus Vagus, welcher auf den Blechen der stromführenden Vorrichtung sich befindet, beträgt 10 Mm. Es ist der

Digitized by Google

rechte Vagus. Man überzeugt sich von der Abwesenheit des Sympathicus, welcher wohlerhalten neben der A. Carotis verläuft. Die Reizung geschieht mit dem Tetanisirschlüssel. Zwischen je zwei Zählungen ist eine Zeit von 15 Secunden gelegen.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
234	234	35	237	233	20
230	233	32	237	236	19
234	225	31	240	234	18
244	236	30	236		18
228	228	29	278	240	17
228	226	28	262	250	16
237	226	27	285	260	15
236	232	26	240		15
230	233	25	235	235	14
232	231	24	247	247	13
237	237	23	238	221	12
231	231	22	228	194	11
229	231	21	244	118	10
234	234	20			

Versuch II.

Dieselben Bedingungen wie bei Versuch I.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
192	172	35	223	208	21
169			223	212	20
184	184	34	232	210	19
180	167	33	245	223	18
185	181	32	234	225	17
187	175	31	237	225	16
184	189	30	222	205	15
191	204	29	226	215	14
201	200	29	234	190	13
198	194	28	230	192	12
198	191	27	227	187	11
195	191	26	224	187	10
196	192	25	239	227	22
192	187	24	238	232	40
203	194	23		185	9
202	204	22			

Digitized by Google

Versuch III.

Dieselben Bedingungen wie vorher.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
240	240	40	243	243	25
245	242	39	248	241	24
252	245	38	247	246	23
230	245	37	237	229	22
248	246	36	236	233	21
247	245	35	233	234	20
249	250	34	240	239	19
247	245	34	243	233	18
263			237	228	17
267	257	33	231	220	16
256	254	32	227	222	15
250	215	31	257	227	14
247	243	30	244	222	13
260	242	29	237	217	12
252	240	28	234	220	11
	227	28	237	168	10
260	240	27	250	151	9
	247	27	250		
249	242	26	240	235	34
246	240	25	242	236	34
260			250		

Versuch IV.

Dieselben Bedingungen wie vorher.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
260	267	50	271	265	38
267	267	49	264	258	37
269	256	48	257	256	36
257	257	47	268	265	35
257	255	46	268	257	34
251	253	45	268	245	33
255	250	44	260	260	32
255	254	43	274	259	31
254	252	42	274	253	30
261	261	41	248	244	29
262	268	40	254	245	28
266	258	40	254	239	27
273	268	39	256	234	26

Digitized by Google

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
249	234	25	265	227	13
248	231	24	295	236	12
248	226	23	257	128	11
243	223	22	256	92	10
240	225	21	216	82	9
235	225	20	270		
246	232	19	264	247	50
244	232	18	260	232	50
249	244	17	245	253	52
251	232	16	250	251	54
253	237	15	255	253	56
265	226	14	249	245	56

Versuch V.

Dieselben Bedingungen wie vorher.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Abstand der Rollen in Centimtrn.
269	269	80	258	256	58
276	268	79	251	251	57
270	267	78	245	242	56
269	267	77	244	247	55
270	269	76	248	240	54
267	259	75	246	224	53
269	268	74	228	223	52
271	271	73	240	235	51
268	267	72	240	239	50
269	256	71	248	240	49
270	268	70	248	251	48
262			252	247	48
268	266	69	251	251	47
270	254	68	257	246	46
	268	68		253	46
269	264	67	256	240	45
269	265	66		246	45
269	268	65	249	246	44
264			249	236	43
264	256	64	248	245	42
254	247	63	251	249	41
252	254	62	256	238	40
252	253	61	256	244	39
258	252	60	255	244	38
257	248	59	246		

Digitized by Google

Bei einem Nerv-Muskelpräparate zeigten sich die ersten Spuren von Zuckung bei einem Rollenabstande von 33 Cm. Bei allen Versuchen war die äusserste Sorgfalt darauf verwandt, dass der N. Sympathicus nicht mit dem Vagus auf die Bleche kam. Wir müssen also aus diesen Thatsachen den wichtigen Schluss ziehen, dass die Nervi Vagi bereits deutlich die Frequenz des Herzens beeinflussen, wenn sie von Strömen erregt werden, die etwas schwächer sind als diejenigen, welche einen motorischen Nerven eben spurweise erregen. Bedenkt man aber, dass dieser Versuch Ende Januar angestellt ist, wo die Frösche sich in einem sehr heruntergekommenen Zustande befinden, so wird man sich von der Wahrheit nicht weit entfernen, wenn man sagt, dass die Stromstärken, welche auf den Vagus angewendet werden müssen, um die erste evidente Wirkung hervorzurufen, ziemlich zusammenfallen mit denjenigen, welche auf den Ischiadicus wirkend die erste Spur von Zuckung zu erzeugen vermögen. Vergleicht man freilich die Tabelle V., so kann man sich nicht der Ueberzeugung entschlagen, dass äusserst geringe Spuren einer Wirkung der Vagi schon viel früher auftreten. Ob Diess an der grösseren Empfindlichkeit des Saugethiernerven, oder an einer grösseren specifischen Reizbarkeit des Nervus Vagus liege, wage ich nicht zu entscheiden. Man darf ferner nicht vergessen, dass der Effekt einer ganzen Minute bei der Beurtheilung der Vagusreizung in Anschlag gebracht wird, was der Natur der Sache nach bei dem motorischen Nerven ja nicht angeht. Es bleibt sehr bemerkenswerth, wie erstaunlich kleine Reize, wenn sie die Vagi treffen, den Herzschlag noch zu afficiren vermögen. Die Art der Affection, welche sich aber ausnahmlos bei allen Stromstärken kundgiebt, ist Verminderung der Frequenz, niemals Vermehrung. Es bleibt kein erdenklicher Einwand mehr übrig als der, dass auch 80 Cm. Rollenabstand noch rasch erschöpfende Ströme liefert, obwohl schon bei 40 Cm. Abstand kein Frosch-Ischiadicus mehr gereizt wurde. Um nun allem Zweifel auch in dieser und jeder Beziehung ein Ende zu machen, verschrieb ich mir aus der Werkstätte von Siemens & Halske einen Stöpselrheostaten, wie ihn Moleschott zu seinen Versuchen gebraucht hat. So konnte ich mir denn absolut dieselben Stromstärken wie er verschaffen, indem ich ab-

Digitized by Google

solut nach seinen Angaben verfuhr. Es wurde also zunächst das Bündel von Eisendrähten wieder in die primäre Inductionsrolle gebracht, die secundäre Spirale 28 Cm. von der primären (Moleschott'sche Zählung) entfernt, die Siemens'sche Widerstandsrolle in den secundären Kreis eingeschaltet und die primäre mit einem nach Moleschott's Vorschrift zusammengestellten Daniell in Verbindung gebracht. Der Nerv liegt stets mit ca. 10 Mm. Länge zwischen den beiden Electroden der stromführenden Vorrichtung, ist aber gut isolirt.

Versuch I.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Widerstandswerth der Nebenschliessung in Siem. Einh.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Widerstandswerth der Nebenschliessung in Siem. Einh.
238			243	237	20
235	235	1	238	240	50
233	237	2	242	239	50
240	239		243	240	70
240	240	3	240	243	100
242	242	4	247	240	100
242	229	5	243	244	200
237	234	6	246	245	500
240	240	7	245	244	1000
243	239	8	255	255	1500
244	245	10	248	245	2000
249	247	10	250	227	1000
248	234	15			bei 16 Cm. Rollenabstd.

Dieser Versuch, der von mir mit einem äusserst erregbaren Vagus angestellt wurde, und zwar auf das Strengste nach Moleschott's Methode, zweifellos mit denselben schwachen Stromstärken, zeigt absolut Nichts von Vermehrung der Frequenz. Will man auf die hervortretenden winzigen Differenzen etwas geben, so bedeuten sie: Herabsetzung der Frequenz durch die Reizung.

Digitized by Google

Versuch II.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Widerstandswerth der Nebenschliessung in Siem.Einh.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Widerstandswerth der Nebenschliessung in Siem.Einh.
248	248	1	251	242	20
249	246	2	245	242	50
248	248	3	247	243	75
247	246	4	248	248	100
249	248	5	250	248	200
252	250	6	253	242	300
251	246	7	255	233	400
250	245	8	233	255	400
252	249	9	226		
250	250	10	236		
246	241	15	237	235	400

Abermals keine Spur einer Vermehrung der Frequenz, wohl aber eine Spur von Herabsetzung derselben. Der Vagus ist sehr erregbar noch am Ende des Versuchs, was dadurch bewiesen wird, dass bei einem Rollenabstande von 17 Cm. und einer zu dem Nerven angebrachten Nebenschliessung, deren Widerstand = 1000 Siemens'schen Einheiten war, vollkommener Stillstand des Herzens augenblicklich hervorgebracht wurde.

Versuch III.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Widerstandswerth der Nebenschliessung in Siem.Einh.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Widerstandswerth der Nebenschliessung in Siem.Einh.
220	220	1	235	227	8
220	220	2	235	227	50
220	220	3	229	224	25
222	225	4	232	231	100
231	232	4	229	231	75
231	228	4	234	226	30
230	230	5	235	226	200
228	224	10	233	224	1000
227	229	15	235	227	500
229	227	15	231		
233	228	7			

Digitized by Google

Hierauf wurde bei 9 Cm. Rollenabstand und einer zu dem Nerven angebrachten Nebenschliessung von 1000 Siemens'schen Widerstandseinheiten Stillstand des Herzens hervorgebracht. Auch hier ist niemals bei keiner Stromstärke eine Spur einer Frequenzvermehrung hervorgetreten. Wo einmal zufällig eine solche immer äusserst geringe vorhanden zu sein schien, ergab die Wiederholung des Versuches niemals ein constantes Resultat.

Versuch IV.

Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Widerstandswerth der Nebenschliessung in Siem. Einh.	Pulszahl in 1 Minute während der Ruhe.	Pulszahl in 1 Minute während der Reizung.	Widerstandswerth der Nebenschliessung in Siem. Einh.
204	187	1	170	152	50
197	205	2	151	162	100
205	205	2	157	168	100
206	198	3	169	163	100
195	194	4	173	164	100
213			172	167	200
209	209	5	173	168	500
213	213	6	162		
211	208	8	167		
207	198	10	165	169	500
199	201	15	170	162	500
203	194	20	170	163	1000
184	190	25	166	161	75
184	180	25	164	160	40
183	176	25			

Nach Abschliessung des Versuches wird Stillstand des Herzens erzeugt bei 9 Cm. Rollenabstand und 1000 Meter Nebenschliessung. Es steht also fest mit unbedingtester Gewissheit, dass der normale Vagus des normalen Thieres durch keinerlei Stromstärke, wie stark oder wie schwach sie auch sei, so gereizt werden könne, dass die Frequenz des Herzschlages zunimmt.

So ist in uns die Gewissheit neu aufgerichtet, dass Schiff und Moleschott ein Opfer der Mangelhaftigkeit ihrer Methoden geworden sind. Schwer freilich zu begreifen, wenn man daran denkt, welche Flut von Schmähungen Herr Moritz

Digitized by Google

Schiff über mich wegen meiner vollkommen richtigen Ansicht über die Vaguswirkung hat ergehen lassen.

Der hemmende Einfluss, welchen die Vagi auf das Herz ausüben, wird übrigens auch während des Lebens des Thieres durch Innervationen hervorgerufen, welche bei jeder Inspiration erfolgen, wie denn nach jeder tieferen das Herz etwas aussetzt. Sehr schön kann man für Vorlesungen, wie ich es seit Jahren thue, die hemmende Innervation bei jeder Inspiration folgendermaassen demonstriren. Man befestigt ein Kaninchen auf dem Vivisectionsbrett mit dem Rücken, eröffnet beide Pleurahöhlen durch Abtragen der vordern Thoraxwand und instituirt die künstliche Respiration. Sobald man recht rasch Luft einbläst, vermindern sich bekanntlich die Athembewegungen der Brustwand und des Zwerchfelles sehr oder verschwinden gänzlich; wenn man aber sehr langsam und unzureichend die Luftströmung unterhält, beginnen alsbald äusserst tiefe, ja tetanische Inspirationen. Jetzt sieht man jedesmal unmittelbar nach dem Beginn der Inspiration das Herz aussetzen, ja bei sehr energischen Innervationen vollkommen auf einige Zeit stillstehen. Dieser Versuch lässt sich, wenn man die künstliche Athmung nicht zu lange unterbricht, wodurch das Herz paralysirt wird, oft wiederholen; er gelingt aber von dem Moment ab nicht mehr, wo die Vagi zerschnitten sind.

Es bleibt mir nun endlich noch wegen der Einwirkung der Nervi Splanchnici auf die peristaltischen Bewegungen der Gedärme eine Bemerkung zu machen. Auch von diesem Hemmungsnerven aus behauptet Schiff beim lebendigen Thier Vermehrung der Peristaltik erzeugt zu haben. Ich erkläre diese Behauptung für einen Irrthum. Wenn man sieht, dass Schiff noch nicht einmal im Stande gewesen ist, richtig experimentell festzustellen, ob die Zahl der Herzpulse durch Vagusreizung vermehrt oder vermindert werde, so kann er es Niemand verdenken, wenn seine Beurtheilung der ähnlichen, viel schwierigeren Verhältnisse beim N. Splanchnicus ungläubige Ohren findet. Ich habe niemals etwas derart gesehen. Schiff selbst giebt uns hier einmal ganz besondere erwünschte Aufschlüsse über die Art, wie er Entdeckungen macht. Er sagt (a. a. O. Separatabdruck pag. 33): „Hat man mittelst schwacher

Digitized by Google

Inductionsströme auf den Splanchnicus Bewegung hervorgerufen, so setzt sich diese noch kurze Zeit fort, wenn man die Reizung unterbricht, sie steht aber sogleich still, wenn man den Reiz gehörig verstärkt. Es ist übrigens bei diesen Versuchen zu beachten, dass die Erregbarkeit der spinalen Darmnerven (Splanchnici) eine periodische ist. Die Erregung der Darmnerven gelingt daher oft (!) gar nicht (!!!) und in den glücklichen Fällen nur für bestimmte Stellen des Darmrohrs, deren Nerven sich gerade im erregbaren Stadium befinden.“ Diese Erörterung ist wahrhaft köstlich. Wenn man, während die meist bewegten Gedärme zufällig ruhen, die Splanchnici erregt, so können zwei Dinge geschehen, das heisst entweder gar nichts, was oft (Schiff) geschieht, oder hier und dort eine Bewegung, welche sicher auch ohne den Reiz eingetreten wäre. Geschieht gar nichts, so ist der Nerv gerade nicht in dem erregbaren Stadium; kommt einmal zufällig eine Bewegung, so ist der Beweis für die motorische Natur der Splanchnici fertig. Auf diese Art liesse sich auch beweisen, dass die Splanchnici die motorischen Nerven der Arterien im Kaninchenohre sind.

Auch Ludwig's und Kupffer's Versuche über den Splanchnicus mögen hier noch mit einem Worte erwähnt werden. — Diese Forscher geben an, dass nach dem Tode des Thieres Reizung der N. Splanchnici Vermehrung der peristalischen Bewegungen erzeuge, während auch sie die hemmende Wirkung am lebenden Thiere entschieden constatirt haben. Die Art, wie Ludwig und Kupffer die beiden N. Splanchnici jeden für sich erregen, ist eine solche, dass Stromschleifen in die Bauchhöhle einbrechen, also auch die nahe über den Splanchnici nach abwärts hinziehenden N. Vagi treffen müssen. Dass diese letzteren nach dem Tode kräftigst die Peristaltik der Därme anregen, ist ganz gewiss. Bei jenem Versuch dienen die Splanchnici nur als feuchte Fäden, um den Strom abzuleiten. Nimmt man hierauf Rücksicht, wie ich es wiederholt gethan habe, so wird man von den N. Splanchnici aus nach dem Tode keine Spur einer motorischen Wirkung auf die Bewegungen der Gedärme hervorbringen können. Ich habe die Kaninchen

*) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1857, Bd. 25. pag. 580.

Digitized by Google

nach Befestigung auf dem Vivisectionsbrett durch Eröffnung des Thorax getödtet, darauf rasch die Brusteingeweide bis zum Zwerchfell entfernt, das Abdomen geöffnet, die beiden Splanchnici in langen Stücken frei präparirt und um einander geschlungen, so dass sie dann wie ein Nerv auf die Bleche gelegt werden konnten. Gleichzeitig hatte ich die untern Enden der Vagi am Oesophagus isolirt. Leicht war es, von den Vagi aus die kräftigste Bewegung des Magens und des gesammten Darmes zu erzeugen, während ich bei häufig wiederholten Versuchen niemals die Spur einer motorischen Wirkung von den Splanchnici aus hervorzurufen vermochte.

Digitized by Google

II.

Ueber die Bedeutung und Ursache der Menstruation.

Von

E. Pflüger.

Nachdem schon Naegele eine directe Beziehung der Menstruation zur Brunst der Thiere erkannt, welcher er sie gleichstellte (s. Naegele, Erfahrungen und Abhandlungen u. s. w. Mannheim 1812), haben erst Negrier und Andere den Satz ausgesprochen und begründet, dass eine spontane Lösung der Eier aus dem Ovarium auch beim Menschen existire, welche ganz unabhängig von der Einwirkung des männlichen Geschlechts erfolgt und von der periodischen Blutung begleitet ist. Es fragt sich nun, welche Beziehung zwischen der Action der Ovarien und der des Uterus während der Brunstzeit bestehe. Man weiss seit längst, dass nach Exstirpation der Ovarien die Katamenien niemals erscheinen und, falls sie früher vorhanden waren, für immer verschwinden.

Es ist ferner nicht zu bezweifeln, dass die Ovarien nur so lange die Menstruation bedingen, als Eier in ihnen reifen.

Mit dieser allerdings ungemein werthvollen Einsicht über die Bedeutung und Ursache der Menstruation hat man sich bis heute begnügt. Sie kann uns bei genauerer Erwägung der Verhältnisse aber offenbar nicht ganz befriedigen. Denn wie kommt es, dass nicht bei allen Thieren, ja, nicht einmal bei allen Säugern die periodische Blutung als Begleiterin der Eilösung er-

Digitized by Google

scheint? Handelt es sich hier um ein Naturspiel, welches bei der einen Race die brünstige Congestion nach den Genitalien mit der blossen Ausschwitzung eines zähen Schleimes, bei der anderen mit Blutergiessungen verbunden sein lässt? Oder haben diese Unterschiede eine tiefere Bedeutung?

Wenn ich es unternehme, auf diese Fragen eine Antwort zu versuchen, welcher das nothwendige Beobachtungsmaterial nicht ausreichend zu Grunde liegt, so bedarf dies einer genügenden Rechtfertigung. Jenes Material würde gegeben sein in einer strengen Untersuchung der Metamorphosen der Uterinschleimhaut bei dem Menschen, oder, da diese im normalen Zustande für alle Stadien nur sehr schwierig zu beschaffen sein dürfte, bei denjenigen Affen, welche alle vier Wochen menstruirt sind. Weil mir dieses Beobachsungsmaterial fehlt und ich auch gegenwärtig durch andere Untersuchungen zu sehr in Anspruch genommen bin, um hoffen zu können, bald zu dieser Frage zurückzukehren, so glaubte ich es gestattet, meine Ansicht den Fachgenossen zur Prüfung vorzulegen. Denn indem sie die Aufmerksamkeit auf neue von mir bemerkte Beziehungen hinlenkt, dürfte sie den Forschern, welche vielleicht über das nothwendige Material verfügen, orientirende Gesichtspunkte für die Untersuchung abgeben.

Zunächst erkennt man, dass die Menstruation eine Erscheinung ist, welche sich nur bei solchen Geschöpfen zeigt, in deren Inneren die befruchteten Eier sich zu fast vollkommener Ausbildung entwickeln. Hierauf lege ich Gewicht. Dieses weist auf eine Beziehung der Menstruation zu der Entwickelung des befruchteten Eies hin. Hierzu kommt nun, dass die Blutung bei dem Menschen und auch bei wahrscheinlich allen Thieren eine Functionsäusserung des Uterus ist, dessen Bestimmung darin besteht, das befruchtete Ei in sich zu tragen, es zu ernähren und zur vollen Reife zu bringen. Diese Ernährung des foetalen durch den mütterlichen Organismus wird aber um so vollkommener sich gestalten, je inniger beide mit einander verknüpft sind, am besten also, wenn der eine mit dem anderen vollständig verwächst, gleichsam ein Theil des anderen wird. Diese Verwachsung findet nur bei einzelnen Säugethieren statt, bei anderen kaum oder gar nicht. Die vollkommenste

Digitized by Google

Verwachsung findet sich bei dem Menschen, dem sich die höher organisirten Säuger (z. B. die Raubthiere) anschliessen. Bei keinem Thiere sind, wie die Untersuchung der Placenta zeigt, so günstige Anordnungen der mütterlichen Blutcanäle zur Ernährung der Frucht als gerade beim Menschen vorhanden. Dies Alles wird aber durch die innigste Verwachsung ermöglicht.

Wenn ein Gärtner eine junge Knospe einem Zweige aufheilen will, so macht er zuerst eine Wunde am Zweige, das heisst den Inoculationsschnitt, legt die Wunde der Knospe mit ihren jungen Zellen auf die Wunde des Zweiges, das heisst, auf dessen frisches Gewebe und erreicht so, dass beide Organismen bald zu einem zusammenwachsen. Wenn der Chirurg von Schleimhaut bedeckte Körpertheile, wie z. B. bei der Hasenscharte aneinander heilen will, so frischt er die Ränder an, dass heisst verwundet sie, näht die blutigen Flächen zusammen und erreicht so seinen Zweck.

Sollte die Menstruation nicht ein ähnlicher Kunstgriff der Natur sein, welche da die Schleimhaut unter Blutung wund werden lässt, wo nachher das Ei inoculirt werden soll? Leicht begreift man, wie das aus den Eileitern in die Uterinhöhle tretende Ei auf den seit der Menstruation noch granulirenden Flächen der Uterinschleimhaut festhaftet, um alsbald von den Wucherungen der jungen Zellen überwallt zu werden. So finden wir es dann beim Menschen bald in die Substanz der Schleimhaut eingebettet, in sie wahrhaft eingeimpft. Das Hypothetische meiner Anschauung liegt eben darin, dass jene das Ei überwallenden Granulationen durch die bei der Menstruation erfolgende Verwundung der Uterinschleimhaut bedingt sind, dass also mit anderen Worten die Schwellung, Granulation derselben bei jeder Menstruation gar Nichts anderes zu bedeuten hat als den Beginn der Bildung der Membrana decidua. Man ist zu dieser Einsicht nicht gelangt, weil man nicht bedachte, dass bei den Thieren normal jeder Brunst Schwängerung folgt, bei dem menschlichen Weibe aber der bürgerlichen Verhältnisse halber nicht. Man hat sich gleichsam gewöhnt, die Nichtbefruchtung des reifen menschlichen Eies, und sein Zugrundegehen als eine berechtigte Erscheinung zu betrachten. Wenn wir aber im Sinne der Natur denken, müssen wir annehmen,

Digitized by Google

dass die Eier, welche zur Reife gediehen, auch zur Entwicklung bestimmt sind, dass also der Uterus, während die Ovula die Ovarien zu verlassen sich anschicken, gleichsam das Bett bereitet, welches sie alsbald beherbergen soll.

Die erste Bildung der Decidua wäre sonach unabhängig von der Befruchtung, so wie die Entstehung, Reifung und Lösung der Eier selbst.

Zur Bestätigung meiner Ansicht lässt sich nun die von mir zuerst bemerkte Thatsache verwerthen, dass diejenigen Thiere, welche eine innige Verwachsung des foetalen mit dem mütterlichen Organismus zeigen, so dass die placenta foetalis von dem mütterlichen Organismus nicht ohne Blutung getrennt wird, gerade diejenigen sind, bei denen Menstruation zweifellos vorkommt. Hierher gehört der Mensch, die Affen, die Raubthiere, die Nager (?), die Wiederkäuer. Die letzteren liefern eine ganz merkwürdige Bestätigung meiner Ansicht. Bei diesen existiren bekanntlich viele auf dem Ei liegende Placenten, welche ebensolchen auch im nicht schwangeren Zustande vorhandenen mütterlichen Placenten entsprechen, die warzenartige Erhebungen der Uterinschleimhaut darstellen. Nur an diesen verschiedenen distincten Stellen findet eine Verwachsung des mütterlichen mit dem foetalen Organismus statt, oder doch wenigstens eine äusserst innige Aneinanderlagerung. Nun zeigt es sich, dass bei der Menstruation der Kuh das Blut nur aus den bezeichneten Warzen oder mütterlichen Placenten hervorsickert, wie durch die Untersuchungen von Numann festgestellt worden ist. (S. Ueber den periodischen Blutfluss aus den Geschlechtstheilen bei einigen Hausthieren und ganz besonders bei der Kuh; nebst Betrachtung dieser Erscheinung in Bezug auf die weibliche Menstruation. Tydschrift voor natuurlijke Geschiedenis en Physiologie, uitgegeben door J. van der Hoeven en en W. H. de Vriese. IV. Deel 3 en 4 Stuck. 1838. Deutsch in Froriep's Notizen. 1838. Septbr. Nr. 150.) Numann sagt: „Bei der unverzüglichen Section einer brünstigen Kuh mit Blutausfluss aus den Schamtheilen, wurde die gewöhnliche gereizte Beschaffenheit der inneren (äusseren?) Geschlechtstheile und die Röthe der Schleimhaut der Scheide wahrgenommen.

Digitized by Google

Doch zeigten sich keine Spuren von Blut als aus der Oberfläche derselben hervorgedrungen. Es waren zwar einzelne längliche, lockere Klümpchen geronnenen Blutes im Raume der Scheide vorhanden oder sassen an der Scheimhaut fest, trugen jedoch die Kennzeichen an sich, dass sie aus einem höher gelegenen Orte herrührten. Nachdem die Klümpchen von der Oberfläche weggenommen waren, fand man auf dieser keine Spur, dass sie durchgesickert wären oder sich ergossen hätten. Als aber die Gebärmutter selbst geöffnet wurde, sah man die ganze Oberfläche dieses Theiles bis in die äussersten Enden der Hörner mit rothem Blut bedeckt, während sich zugleich ergossenes und geronnenes Blut in der Körperhöhle des Tragsackes befand. Dieses Blut schien ausschliesslich aus den sogenannten Gebärmutterwärzchen (carunculae) auszuschwitzen, indem die Erhabenheiten, welche durch eine Vervielfältigung oder Anhäufung von Blutgefässen entstehen und sich an der Oberfläche dieses Theiles bemerkbar machten, bereits für die Befruchtung von der Grösse einer Erbse oder Bohne und zu 60 und mehr vorhanden waren. Sie breiten sich vom Körper des Tragsacks bis in die Hörner aus, erfahren während der Schwangerschaft eine ansehnliche Vergrösserung und bleiben später bei den Kühen, welche gekalbt haben, stets als eine Art platter Narbe erkennbar, so dass man sie deutlich von der übrigen glatten und ebenen Oberfläche unterscheiden kann. Diese Wärzchen dienen zur Anheftung der Mutterkuchen der Gefässhaut (Cotyledones), wodurch der Zusammenhang und die Communication der Frucht mit der Mutter bewerkstelligt wird. Auf einigen Ueberbleibseln dieser Wärzchen — es hatte die Kuh, die zum Versuche diente, bereits mehrmals gekalbt — heftete sich bei der Oeffnung der Höhle durch den Zutritt der Luft das Blut wie geronnen fest, während nach Beseitigung desselben noch auf's Neue eine Durchsickerung erfolgte. Ja wenn die Oeffnung des Körpers unmittelbar geschah, so dass man das Thier kaum für todt halten konnte, so waren die Gefässe des Tragsackes noch nicht ganz entleert und es hatte der Umlauf des Blutes in diesem Theile, wie es schien, noch nicht vollkommen aufgehört. Einige Wärzchen blieben wie durch eine wirkliche Congestion noch

Digitized by Google

mehr als gewöhnlich gereizt und erhoben sich über die übrige Oberfläche."

In guter Uebereinstimmung mit der vorgetragenen Ansicht ist es ferner, dass diejenigen Thiere, bei denen das Ei nicht festwächst, wie die Pachydermen, der blutigen Menstruation zu entbehren scheinen. Bei den Schweinen wird nur der Ausfluss eines zähen Schleims beobachtet, doch scheinen hiervon vielleicht nach Race und Aufenthaltsort u. s. w. Verschiedenheiten vorzukommen. Denn Cuvier (Annales des sciences d'histoire naturelle, Vol. IX., p. 118) will, obwohl nicht als Regel, menstrualen Blutfluss beim Schwein gesehen haben, den Numann läugnet, sowie ich auch hier zu Lande bei meinen Erkundigungen von Leuten, die das wissen mussten, immer nur negative Antworten erhalten habe.

Allerdings darf es als sehr wahrscheinlich angesehen werden, dass wie die Innigkeit der Verwachsung des foetalen mit dem mütterlichen Organismus bei den Säugethieren den mannigfachsten Abweichungen unterliegt, so auch die Reichhaltigkeit der Blutergiessung bei der brünstigen Blutung nach Art, Race und Lebensweise eine ausserordentlich verschiedene sein kann und wirklich ist.

Man wird mir nun hoffentlich nicht einwenden wollen, dass es Frauen gebe, die, ohne menstruirt gewesen zu sein, concipiren, und dass das Ei auch im Abdomen oder der Tuba, wo doch keine Verwundung durch Blutung stattgefunden, festwachse, ja sogar eine Art Decidua bilde. Ich kann hierin nur neue Beweise für die Wahrheit sehen, dass häufig genug in dem Organismus selbst grosse Mängel compensirt werden können, während auf der andern Seite in der That der Menstruationsmangel als Regel mit Unfruchtbarkeit gepaart ist.

Meines Erachtens liegt also die Bedeutung der Menstruation darin, die innigste Verwachsung des Eies mit der Uterinschleimhaut zu ermöglichen und die Bildung der Decidua zu veranlassen. Mit anderen Worten könnten wir bildlich sagen: Die Menstruation ist der Inoculationsschnitt der Natur zur Aufimpfung des befruchteten Eies auf den mütterlichen Organismus.

Es sei mir noch gestattet, Derjenigen zu gedenken, welche

Digitized by Google

durch ihre Untersuchungen zu Ansichten gelangten, diean die soeben vorgetragene mehr oder weniger nahe heranreichen. Aristoteles (Hist. anim. Lib. III. c. 18; Lib. III. c. 2; Gener. anim. Lib. I. c. 30.) macht die scheinbar so einfache und doch so feinsinnige Bemerkung, dass die lebendig gebährenden Thiere die monatliche Reinigung mit dem Weibe gemein hätten, obwohl der Blutabgang nicht so reichlich wie bei dem letzteren sei. In der neueren Zeit hat Pouchet die Behauptung aufgestellt, dass einige Wochen nach der menstrualen Blutung bei den sogenannten weissen Regeln eine Decidua mit dem Ovulum ausgestossen werde, wenn keine Conception erfolgt sei. (S. Pouchet, Theorie positive de l'ovulation spontanée.) Da es sich hierbei vielleicht nur um ein kleines Hautfetzchen handelt, so dürfte die Kritik möglicherweise zu schnell jenes Forschers Ansicht bei Seite gelegt haben.

Da die pathologischen Anatomen, welche viele Sectionen machen und hierbei alle Organe durchsuchen, am ehesten noch ein sachliches Urtheil in der hier vorliegenden Frage haben werden, erbat ich mir von meinem Freunde und Collegen, C. Otto Weber, Auskunft. Dieser erklärte mir, dass ganz unzweifelhaft nach seinen zahlreichen Erfahrungen bei jeder Menstruation eine Decidua gebildet werde, welche er während derselben und kurz nachher niemals vermisst habe. —

Es bleiben mir schliesslich noch einige Bemerkungen zu machen, über die Beziehungen der Menstruation zur Lösung des Eies von dem Ovarium. Ziemlich allgemein hält man diese gegenwärtig für eine nothwendige. Ich theile diese Anschauung nicht, weil sie einmal gut begründeten Thatsachen widerspricht und zweitens eine Reihe neuer Räthsel der Beantwortung überliefert.

Zunächst muss darauf bestanden werden, dass Fälle beobachtet wurden, bei denen trotz der deutlich vorhandenen Menstruation kein frisches Corpus luteum im Eierstock vorhanden war. Unter 10 Fällen von Menstruation, die Kölliker untersuchte, vermisste er den gelben Körper bei zweien. (S. Kölliker. Mikroskopische Anatomie. II. Bd. II. Hälfte. 1854. pg. 438.) Ein solcher kann aber von einem Sachverständigen unmöglich übersehen werden.

Digitized by Google

Es ist ferner bekannt, dass bei reizbaren, sonst ganz gesunden, weiblichen Individuen plötzliche Veränderung der Lebensweise oder stärkere Gemüthsaffekte zu irgend einer Zeit den menstrualen Blutfluss hervorzurufen im Stande sind, obwohl es doch keinem Zweifel unterliegt, dass zu jeder Zeit ein reifer zum Platzen geeigneter, mit einem reifen Ei versehener Follikel nicht vorhanden ist.

Es ist ferner nicht zu läugnen, dass jene eigenthümlichen Functionsstörungen, welche sich zur Zeit der Menstruation zeigen, die sogenannte Molimina menstrualia, auch während der Schwangerschaft und zwar besonders in dem Anfange sehr häufig sich noch scharf markiren, obschon doch die sorgfältigste Untersuchung der Ovarien Schwangerer dargethan hat, dass von einer Ausstossung neuer Eier in der Zeit der Gravidität keine Rede sein kann. Besonders evident wird diess durch das Studium der Metamorphosen der corpora lutea erhärtet.

Schliesslich aber wäre die grosse Constanz in der Periodicität der Menstruation bei bestimmten Individuen vollkommen räthselhaft, wenn man die Reifung des Eies oder des Follikels als das eigentlich Ursächliche der Menstruation anzusehen sich erlauben wollte. Denn man begreift nicht, wie es kommt, dass die Emissio ovulorum sich immer auf ganz bestimmte Termine beschränkt, obwohl doch zwei ganz geschiedene Ovarien, welche unabhängig von einander zu functioniren scheinen, vorhanden sind.

Aus diessen Thatsachen muss ich schliessen, dass Reifung des Graaf'schen Follikels und die emissio ovuli nicht die eigentliche directe Ursache der Menstruation sei, deren regelmässige Periodicität heute noch ebenso unerklärt ist, wie die gleiche der Eilösung.

Das harmonische rhytmische Zusammenwirken symmetrischer sonst getrennter Organe weist auf eine Intervention des Nervensystemes hin. Nimmt man dies an, so erklären sich sehr viele recht sonderbare Erscheinungen in sehr befriedigender Weise.

Zuerst muss ich an eine Art der Action der Nervencentra erinnern, welche eigentlich bisher wenig Beachtung gefunden hat.

Schon Helmholtz zeigte, dass bei den Reflexen die Ueber-

Digitized by Google

tragung im Centralorgan vom sensiblen auf den motorischen Nerven ausserordentlich viel langsamer von statten gehe als das Vorschreiten der Reizung von Querschnitt zu Querschnitt in der Nervenfaser. Beim reflectorischen Niess- oder Hustenact weiss man, dass die motorische Action sehr merklich der sensiblen Reizung nachfolgt. Man beobachtet hier ferner, dass der motorische Ausschlag um so schneller erfolgt, je stärker jene war und dass ein sehr schwacher Reiz, der sehr kurze Zeit wirkend, keinen Reflex mehr erzeugt, diess dann noch vermag, wenn er längere Zeit stätig anhält. Sehr schöne Beispiele ergeben sich aus pathologischen Fällen. So ist es bekannt, dass nach einer Verwundung durch Glasscherben feine Splitterchen in der geheilten Narbe zurückbleiben können, welche keine unangenehme Empfindung mehr bedingen, gleichwohl aber dauernd, wenn auch sehr leise, das centrale Nervensystem anregen. Von Zeit zu Zeit erscheint ganz periodisch ein epileptischer Aufall. Weil nach der Ausschneidung der Narbe die Epilepsie geheilt wurde, so folgt, dass sie ein Reflexkrampf war und zwar mit periodischer Entladung. Ein ganz schwacher unbemerkter Reiz, der in kurzer Zeit Nichts vermochte, brachte durch seine Dauer, durch die Summation vieler kleiner Anstösse schliesslich Wirkungen hervor, welche ein momentaner noch so starker Reiz niemals erzeugt haben würde. Periodische Krämpfe nach schwachen aber dauernden Anlässen, die nicht die epileptische Form anzunehmen brauchen, sind keine seltnen Erfahrungen im Gebiete der Pathologie.

Dieses Reflexprincip enthält, scheint mir, den Schlüssel zur Erklärung der rhytmischen Action der weiblichen Genitalien. Man hat sich zu denken, dass bei dem menschlichen Weibe, welches sich wegen der intelligenten Fürsorge für sein leibliches Wohl im Vergleich zu den anderen Geschöpfen des Erdballs unter günstigeren äusseren Lebensbedingungen befindet, das fortwährende Wachsthum von Zellen im Eierstocke eine Vergrösserung, d. h. eine Schwellung des Organes zu erzeugen strebt, woran Niemand zweifeln wird. Da nun diese Zellen in einer so derben Masse liegen, so begreift es sich, dass die Nervenfasern, welche in dem gespannten Parenchym verlaufen, einer continuirlichen Reizung ausgesetzt sind, wie das auch in

Digitized by Google

freilich stärkerem Maasse in allen durch Entzündung geschwellten Theilen der Fall ist. Sobald nun jene Reizung eine Zeit lang gedauert, das heisst, wann bei dem gegebenen Zustande der Erregbarkeit des menschlichen Rückenmarkes die Summe der fortdauernden kleinen Reizungen einen gewissen Werth erreicht hat, erfolgt der reflectorische Ausschlag als gewaltige Blutcongestion nach den Genitalien, während die Arterien anderer Körpertheile verengert scheinen, worauf das Erblassen der Hände und des Gesichtes hindeutet. Mit Bezug auf den Charakter der menstrualen Congestion bleibt die Frage zu entscheiden, ob sie bedingt sei durch einen Reizzustand bestimmter spinaler Gefässhemmungsnerven und also in dieselbe Reihe von Phänomenen gehöre wie der vermehrte Blutzustrom nach der secernirenden Glandula submaxillaris bei Reizung des N. Lingualis oder der gleiche zu den corpora cavernosa des männlichen Gliedes beim Tetanisiren des Erectionsnerven oder ob sie auf andere Weise direkt oder indirekt erzeugt werde. Es liegen hier viele Möglichkeiten vor, die sich Jeder leicht zurecht legt, welcher mit den Gesetzen der Circulation vertraut die verschiedenen Einflüsse analysirt, die eine Gefässprovinz durch den combinirten Einfluss aller motorischen und inhibitorischen Nerven der Gefässe des Körpers erfahren kann.

Jene mächtige längere Zeit andauernde Blutüberflutung bringt nun rasch die menstrualen Veränderungen des Uterus und das Reifen der grösseren Follikel zu Stande. Es erfolgt die Blutung, welche entweder durch die Abstossung der Schleimhautoberfläche oder durch Muskelcontraction des Uterus eingeleitet wird. Während oder nach dem Blutfluss der Gebärmutter öffnet sich das Graaf'sche Bläschen, um das Ovulum durch ein ganz feines Loch ohne Blutung austreten zu lassen.

Wir sehen also in der Blutung und der Eilösung zwei durch dieselbe Ursache bedingte Phänomene, nämlich durch die menstruale Congestion. Die Constanz der Periodicität der letzteren ist aber darin begründet, dass die so schwache Erregung der Ovarialnerven eine bestimmte Zeit lang arbeiten muss, bis diejenige Höhe der Reflexspannung im Rückenmarke aufgehäuft ist, welche erst den Ausschlag hervorbringt. Bei dem Zustande dynamischen Gleichgewichtes, das allen Organen des

Digitized by Google

Körpers zukommt, werden auch die Ovarien täglich eine bestimmte Summe von Reizungen dem centralen Nervensystem zuführen, woraus die Constanz der Perioden mit Nothwendigkeit sich ableiten lässt.

Unsere Darstellung macht es nun begreiflich, dass, wenn die menstruale Congestion gerade keinen grösseren Follikel in beiden Ovarien vorfindet, eine Menstruation ohne Eilösung erfolgt, bei der also auch kein Corpus luteum gebildet wird. Denn die fortdauernde Anregung des centralen Nervensystems von den Ovarien her kann wegen des Wachsens vieler kleinen Follikel ja doch in ausreichender Stärke vorhanden gewesen sein, um den Reflexausschlag rechtzeitig zu bedingen. Es ist uns ferner nicht wunderbar, dass auch während der Schwangerschaft die Molimina menstrualia oft scharf markirt zu erscheinen fortfahren, weil durch die Schwellung des Corpus luteum und die Neubildung junger Follikel das Ovariumparenchym gespannt bleibt und deshalb das menstruale Reflexcentrum des Rückenmarkes zu irritiren fortfährt. Wenn dieses nicht mehr so energisch als im nicht schwangeren Zustande auf diese peripherischen Anlässe reagirt, so dürfte sich dies aus dem starken umstimmenden Einflusse erklären, der von den Uterinnerven ausgeht und durch das veränderte Blut mit bedingt sein mag. Letzterer Umstand macht es auch vielleicht begreiflich, warum bei dem normalen Organismus in der Zeit der Gravidität grosse Follikel nicht zur Reife gelangen. — Dass heftige Eindrücke auf das Nervensystem die Katamenien so stark zu beeinflussen vermögen, sogar zu Zeiten, wo keine reifen Follikel vorhanden sind, erklärt sich leicht aus einer Erregung des menstrualen Reflexcentrums in der medulla spinalis. Es ist ferner eine nothwendige Folge unserer Anschauungen, dass je rapider die Vegetationen im Eierstocke verlaufen, was durch hohe Temperatur und üppige Nahrung bewirkt werden kann, je höher ferner die Reflexerregbarkeit des Rückenmarkes überhaupt ist, um so kürzer die menstrualen Perioden ausfallen müssen. In Uebereinstimmung hiermit sehen wir jene Dauer der Perioden bei den südlichen Völkern kürzer, bei den nördlichen länger erscheinen, während bei gewissen nordischen uncivilisirten Völkerschaften die Menses im Winter ganz aussetzen sollen u. dgl. m.

Digitized by Google

III.

Zur Lehre vom Muskeltonus.

Von

Stud. med. **G. Schwalbe.**

Während durch die Untersuchungen von Heidenhain die Annahme eines Tonus wenigstens für die quergestreiften Muskeln nicht gerechtfertigt schien, ist in neuerer Zeit Brondgeest*), nachdem er das Unzuverlässige der Untersuchungsmethode von Heidenhain nachgewiesen, auf einem anderen Wege wieder zu dem entgegengesetzten Resultate gelangt, dass nämlich ein Tonus der willkürlichen Muskeln bestehe. Brondgeest's Versuche mussten zu wiederholter Prüfung anregen; und so unternahmen es denn auch L. Hermann und Cohnstein nachzuweisen, dass die Erscheinungen, welche Brondgeest wahrgenommen, keineswegs die Existenz eines Tonus beweisen, und versuchten dieselben auf eine andere Weise zu erklären. Einen wesentlichen Umstand haben jedoch beide Forscher bei der Erklärung jener Versuche übersehen, worauf wir unten ausführlich zurückkommen werden; es dürfte desshalb nicht unpassend erscheinen, diesen so oft schon behandelten Gegenstand auf's Neue einer Prüfung zu unterwerfen und zugleich zu versuchen, die wichtige Frage auf einem anderen Wege zu entscheiden. Das Wort Tonus wird hier im Sinne

*) Onderzoekingen over den Tonus der willekeurige spieren. Acad. Proefschrift. Utrecht 1860.

Digitized by Google

von J. Müller und Henle aufgefasst werden, nämlich als eine unwillkürliche continuirliche vom Rückenmark abhängige Contraction sämmtlicher Muskeln, sowohl der glatten als der quergestreiften.

Auf die Geschichte der Tonuslehre noch einmal genauer einzugehen, halte ich für überflüssig, da dieselbe von Heidenhain und Brondgeest schon ausführlich zusammengestellt und besprochen ist. Bis auf Heidenhain war man fast allgemein geneigt, nach dem Vorgange von J. Müller die Existenz eines Tonus anzunehmen, indem man sich dabei namentlich auf die Verstellung des Gesichts bei einseitiger Facialis-Paralyse, sowie darauf stützte, das bei einseitiger Lähmung des Hypoglossus die Zunge schief hervorgestreckt wird. Dass diese Erscheinungen nicht durch einen Tonus der Muskeln der gesunden Seite bedingt sind, hat schon Heidenhain*) dargethan, der dieselben richtig erklärte und zuerst genauere Versuche über den Tonus nach einem sehr einfachen Princip anstellte. Ein Muskel, der noch vom Rückenmarke aus innervirt wird, wird bei Existenz eines Tonus sich in einem, wenn auch geringen Grade der Zusammenziehung befinden. Der Ausdehnung durch ein Gewicht wirkt dann einmal der Tonus, sodann die elastische Kraft des Muskels entgegen. Durchschneidet man nun den Nerven des Muskels, so muss, falls ein Tonus existirt, der Muskel der Grösse desselben entsprechend sich verlängern. Die Methode, mittelst welcher Heidenhain dies Princip ausführte, ist mit Recht von Brondgeest angegriffen worden. Heidenhain hängte an die Musculi adductor magnus und semimembranosus eines Frosches, die er zur Untersuchung wählte, einen Apparat an, der durch Gewichte noch beliebig belastet werden konnte; im Verlaufe dieses Apparates befand sich eine feingetheilte Scala; ihr jedesmaliger Stand wurde durch ein mit einem Fadenkreuze versehenes Fernrohr abgelesen. Der Frosch selbst ward mittelst eines durch die Gelenkpfanne des Hüftgelenks gestossenen Stiftes an einem vertikalen Brettchen befestigt. Brondgest tadelt an dieser Methode namentlich

*) Historisches und Experimentelles über den Muskeltonus. Physiol. Studien pag. 28 ff.

Digitized by Google

die zu grosse Belastung des Muskels und die Präparationsmethode, letztere, weil einmal jene Muskeln für dergleichen Versuche unzweckmässig seien, und weil ferner durch die tief eingreifende Operation der ganze Zustand des Thieres so sehr alterirt würde. Auch mit der Durchschneidung des Nerven, um die Leitung zu nnterbrechen, erklärt er sich nicht einverstanden, da hierdurch der Nerv gereizt und der Muskel zu einer kräftigen Contraction gebracht werde, was in dem Augenblick, wo man sich von einer fortdauernden geringen Contraction überzeugen wolle, höchst störend sein müsse. Der Schluss, den Heidenhain aus seinen Experimenten zog, dass nämlich die Annahme eines Tonus unhaltbar sei, da eine Verlängerung des Muskels bei seinen so genauen Messungen nicht eintrat, ist daher mit Recht von Brondgeest zurückgewiesen worden. Letzterer stellte selbst einige Versuche nach der Heidenhain'schen Methode an, jedoch mit möglichster Vermeidung der Fehler derselben. So umging er die zu grosse Belastung dadurch, dass er den am Muskel hängenden Apparat durch einen untergreifenden Hebel so weit tragen liess, dass dessen Gewicht für den Muskel gleich Null wurde; ferner benutzte er anstatt der von Heidenhain gewählten Muskeln den Gastrocnemius und fixirte dessen Insertionspunkt durch festes Anschnüren des Oberschenkels an das vertikale Brett im Heidenhain'schen Apparate; dadurch vermied er zugleich die tief eingreifende Präparation. Nur die Durchschneidung des Nerven wusste er nicht zu beseitigen. Er erhielt dieselben negativen Resultate, wie seine Vorgänger; es folgte nach der Durchschneidung des Nerven in den meisten Fällen eine geringe temporäre Verlängerung; eine bleibende Verlängerung trat nicht ein. Jene geringe Verlängerung erklärt sich vielleicht aus der grösseren Dehnbarkeit des Muskels während seiner Contraction. Diese Versuche waren bei einer Belastung von 2—4 Gramm angestellt. In einem Falle bei einer Belastung von 5 Gramm beobachtete Brondgeest eine geringe bleibende Verlängerung; wodurch dieselbe bedingt war, lässt sich nicht entscheiden, da Brondgeest nicht die Einzelheiten dieses Versuches darlegt; übrigens zeigen die Zahlen, die er hier als Verkürzungs- oder Verlängerungsgrössen für die

Digitized by Google

einzelnen Minuten angiebt, eine solche Unregelmässigkeit, dass gewiss mannigfache störende Momente in Betracht kommen.

Trotz dieser negativen Resultate hielt sich Brondgeest, da er die Fehler der Methode erkannte, doch nicht für berechtigt, die Nicht-Existenz eines Tonus zu behaupten. Er versuchte vielmehr, auf einem anderen Wege zu positiven Resultaten zu gelangen. Er durchschnitt einem Frosche das Rückenmark dicht hinter der Medulla oblongata, präparirte beide Ischiadici, hing ihn sodann an der Schnauze auf und durchschnitt nun den einen Schenkelnerven. Nachdem sodann das Thier allmählig die Bewegungen seines einen noch nicht gelähmten Beines eingestellt hatte, bemerkte er eine sofort auffallende Verschiedenheit der Stellung beider Beine. Während das gelähmte Bein schlaff herabhängt, ist nach Brondgeest's Abbildungen die Stellung des gesunden im Vergleich mit dem gelähmten folgende: Die Stellung der beiden Oberschenkel lässt keine Verschiedenheit erkennen; der Unterschenkel des noch innervirten Beines ist kaum mehr gebeugt, als der gelähmte; seine Achillessehne steht nur etwas höher. Dagegen zeigt die Stellung des Fusses selbst eine auffallende Eigenthümlichkeit. indem die Längsaxe des innervirten Fusses einen grösseren Winkel mit der Medianlinie des Froschkörpers bildet, als die des anderen, und zugleich die Zehen mehr gespreizt sind. Diese veränderte Stellung des Fusses kann nur bedingt sein durch eine geringe Contraction der Extensoren (hier immer im wissenschaftlichen Sinne gebraucht) des Fusses und der Zehen, während die nur wenig modificirte Lage des Unterschenkels auf einer geringen Contraction der am Oberschenkel liegenden Beuger desselben beruht. Der Gastrocnemius hat auf diese Stellung gar keinen Einfluss. Auf diese Thatsachen hin glaubte Brondgeest einen Tonus annehmen zu müssen; ja, er ging sogar so weit, diesen Tonus als einen Reflextonus aufzufassen, indem er fand, dass nach Durchschneidung der sensiblen Wurzel eines Ischiadicus dies Bein ebenso schlaff herabhing, wie wenn ihm der ganze Ischiadicus durchschnitten wäre. Weshalb gerade die Extensoren des Fusses und der Zehen und die Beuger des Unterschenkels (von Brondgeest als Flexoren des Beins zusammengefasst) allein in ihrer Wirkung hervortreten, wusste er nicht

Digitized by Google

hinreichend zu erklären. Er meint, dass der eigentliche Grund, weshalb hier Beugung stattfinde, ebenso unbekannt sei, als der, weshalb bei Strychninvergiftung die Extensoren überwiegen.*) Dies unerklärliche Verhalten musste natürlich zu wiederholten Prüfungen der Brondgeest'schen Versuche Veranlassung geben. Eine solche wurde nun zunächst von L. Hermann**) unternommen, der durch eine sinnreiche Methode nachwies, dass die Stellung des Fusses nicht auf einer überwiegenden Contraction der Dorsalflexoren beruhe, sondern dass die eigentlichen Flexoren, und namentlich der Gastrocnemius gar nicht contrahirt seien, dass sie am Brondgeest'schen Tonus keinen Antheil haben. Die Stellung des Fusses ist nach ihm durch eine ausschliessliche Contraction der Extensoren bedingt. Weshalb aber gerade diese sich ausschliesslich contrahiren, scheint mir Hermann nicht genügend erklärt zu haben. Er geht dabei von der Annahme eines Rückenmark-Sensorium aus und meint, dass ein aufgehängter decapitirter Frosch sich bei ausgestreckten Beinen nicht sicher fühle; er strebe daher immer, die Beine anzuziehen, gerade so wie es ein sitzender Frosch mache, dem das Rückenmark dicht unter der Medulla oblongata durchschnitten ist; da nun in diesem Falle das eine Bein gelähmt ist, so vermag er nur das andere anzuziehen und thut dies so lange, bis er ermüdet durch die seinen Bewegungen fortwährend entgegen wirkende Schwere, dasselbe sinken lässt. Wie dann Hermann die Brongeest'sche Stellung der Beine daraus resultiren lässt, geht aus folgenden Worten hervor***): „Ganz giebt er jedoch die Beugung nie auf, sondern er erhält sie in einem Grade, wo sie ohne Ermüduug zu ertragen ist und dieser Grad ist die leicht gebeugte Stellung im Brondgeest-'schen Versuche.“ Jene Erklärung befriedigt keineswegs, da Hermann gar nicht bewiesen hat, dass ein Frosch jene Stellung wirklich ohne Ermüdung ertrage. Wenn dies aber auch der Fall wäre, so wüssten wir doch kaum einen Unterschied wahrzunehmen zwischen einer unwillkürlichen und willkürlichen

*) Brondgeest l. c. pag. 70.

**) L. Hermann, Beitrag zur Erledigung der Tonusfrage. Archiv von Dubois und Reichert, 1861.

***) L. Hermann l. c. pag. 359.

Digitized by Google

continuirlichen Contraction, da wir hier kein sicheres Kriterium haben, dieselben zu unterscheiden. Eine willkürliche Contraction setzt mindestens das Vorhandensein des Rückenmarks voraus; es zeigt sich aber, dass auch nach Zerstörung des Rückenmarks, falls nur die wirklichen Bedingungen zur Brondgeest-'schen Stellung hergestellt werden, dieselben Erscheinungen eintreten, wie bei intactem Rückenmarke, worauf wir unten noch zurückkommen werden.

Hermann's Arbeit lässt uns also über den eigentlichen Grund jener Stellung der Beine in Zweifel. Jürgensen wollte dieselbe auf einen constanten Unterschied in der Länge des rechten und linken Beines zurückgeführt wissen; allein abgesehen davon, dass es sich hier weniger um die Länge beider Beine, als um den Winkel, unter welchem die Füsse von der Medianlinie abgelenkt sind, handelt, erhält man, welches Bein man auch immer zur Durchschneidung des Nerven wählen mag, immer dasselbe Resultat. Endlich hat noch Cohnstein*) versucht, die Brondgeest'schen Experimente zu erklären. Er kam zu dem Resultate, dass die Contraction der Beuger durch einen Reflexact hervorgerufen werde, ausgehend von den durch den Zug der Schwere gereizten Hautnerven der unteren Extremitäten. Da er aber an solchen Fröschen, welche nach derselben Präparation horizontal auf Quecksilber gelegt waren, eine Differenz in der Stellung der Beine nicht wahrnehmen konnte, so glaubte er sich zu dem Schlusse berechtigt, einen Reflextonus unter den normalen Verhältnissen des Lebens verwerfen, für den aufgehängten Frosch aber, wo fortwährend der Zug der Schwere die Hautnerven reizt, annehmen zu müssen. Dass diese fortwährende Reizung der Hautnerven mit dazu beiträgt, die veränderte Stellung der Beine zu bewirken, lässt sich nach den Versuchen Cohnstein's wohl nicht in Abrede stellen; die alleinige und wichtigste Ursache dafür ist sie aber nicht, wie wir sogleich zeigen werden.

Es ist hier noch zu erwähnen, dass schon früher bald nach dem Erscheinen der Brondgeest'schen Abhandlung, auf Ver-

*) J. Cohnstein, Kurze Uebersicht der Lehre vom Muskeltonus. Archiv von Dubois und Reichert, 1863.

Digitized by Google

anlassung des Herrn Professor Pflüger, meines hochverehrten Lehrers, Versuche über die Tonusfrage in dessen Laboratorium von Herrn Dr. Engels angestellt wurden, deren Ergebnisse in dessen Inaugural-Dissertation*) niedergelegt, aber nicht weiter bekannt geworden sind. Herr Professor Pflüger veranlasste mich deshalb, die Tonusangelegenheit und namentlich den Brondgeest'schen Versuch noch einmal einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Für seine so überaus gütige Unterstützung erlaube ich mir, hier meinen innigen Dank auszusprechen.

Es handelte sich zunächst darum, die Contraction der Extensoren des Fusses und der Zehen zu erklären. Es wurden deshalb die Bewegungen des Frosches bei der Durchschneidung des Rückenmarks an der von Brondgeest bezeichneten Stelle, sowie nach dem Aufhängen fortwährend beobachtet. Bei der Durchschneidung des Rückenmarks an jener Stelle macht der Frosch die bekannte eigenthümliche Bewegung, wobei das Bein gleichsam das schneidende Instrument von sich abzuwehren sucht, der Oberschenkel also stark abducirt wird, die Zehen gestreckt (aufwärts gebeugt) und gespreizt werden. Nach dem Aufhängen unterlässt, wie schon Brondgeest angiebt, das Thier die Bewegungen nicht; es zieht von Zeit zu Zeit, Anfangs sehr oft, dann in immer grösseren Pausen, das gesunde Bein an, ganz so, wie dies ein decapitirter Frosch auf horizontaler Unterlage thut, so dass also gerade die Muskeln dabei in Action gerathen, welche, wie Hermann nachwies, ausschliesslich beim Brondgeest'schen Versuche contrahirt sind. Diese Versuche, das Bein anzuziehen, könnte man einmal, wie Hermann annimmt, auf einen Act des Bewusstseins zurückführen, andererseits als blosse Reflexbewegungen auffassen, indem durch einen auf die sensiblen Nerven zeitweise besonders heftig wirkenden Reiz Reflexactionen ausgelöst werden. Auch an eine directe Reizung des Rückenmarks könnte man denken, da ja die Schnittfläche desselben fortwährend sowohl chemischen als mechanischen Reizen ausgesetzt ist, chemischen, indem sie durch Verdunstung Wasser an die Luft abgiebt und der Einwirkung des Sauersroffs unterliegt, mechanischen, da eine Reibung der

*) Engels, De tono musculorum animalium. Diss. inaug. Bonnae, 1861.

Digitized by Google

Schnittfläche an den durchschnittenen Wirbeln wohl nicht zu vermeiden ist; eine solche Reibung muss dann durch jede heftige Bewegung vermehrt werden und kann in Folge dessen immer neue Bewegungen veranlassen. Dass solche Beugungen der Extremitäten sein müssen, ergiebt sich daraus, dass wir dieselben durch Reizung der oberen Partien des Rückenmarks zu erzeugen vermögen. Zu einem Bewusstsein im Rückenmark brauchen wir also bei der Erklärung dieser Bewegungen nicht unsere Zuflucht zu nehmen; sie können auch als Reflexbewegungen aufgefasst werden, obwohl sich wiederum nicht leugnen lässt, dass auf jene Weise behandelte Frösche oft noch auffallend combinirte Bewegungen machen können. Dies mag jedoch wohl darin seinen Grund haben, dass man bei der Durchschneidung selten genau die Grenze zwischen Medulla spinalis und oblongata trifft, dass sehr häufig ein Stück der letzteren unterhalb der Schnittfläche liegt.

Haben nun die Frösche eine Zeit lang keine Bewegungen gemacht, so sieht man die von Brondgeest beschriebene Stellung eintreten, aber diese ist keine bleibende. Wenn der Schenkel längere Zeit unbeweglich geblieben ist, so sieht man die Beugung des Gliedes ganz allmälig abnehmen und seine Stellung sich der des gelähmten Beines annähern. Nach einer neuen Anziehung tritt dann wieder eine auffallendere Verschiedenheit der Stellungsverhältnisse ein. Diese Erscheinung berechtigt uns anzunehmen, dass die eigentliche Contraction, auch wenn der Schenkel zur Ruhe gekommen, noch nicht gänzlich verschwunden ist, dass die Ausgleichung der Contraction nur langsam stattfindet; sie berechtigt uns aber auch zugleich zu der Behauptung, dass jene Stellung nicht als tonische Wirkung aufzufassen ist, da sonst die Stellungsverschiedenheit immer dieselbe bleiben müsste. Die wahre Ursache jener lange anhaltenden geringen Contraction liegt in der veränderten Elasticität des Muskels. Durch die heftigen Bewegungen des Beines, die sich bis zur Ermüdung der angestrengten Muskeln steigern, wird der ganze Zustand der elastischen Kräfte im Muskel ein anderer. Nach dem Aufhören der Contraction bleibt ein Zustand vermehrter Elasticität zurück, die Muskeln setzen dem Zuge der Schwere einen grösseren Widerstand entgegen. So-

Digitized by Google

bald die heftigen Bewegungen aufhören, wird der Schenkel durch den Zug der Schwere so weit herabgezogen, bis die vermehrte elastische Kraft der betreffenden Muskeln und der Zug der Schwere sich das Gleichgewicht halten. Dies ist die Stellung, welche Brondgeest zur Annahme eines Tonus veranlasste. Nach und nach nimmt jedoch die Elasticität der betreffenden Muskeln immer mehr ab, die Schwere erhält in demselben Maasse das Uebergewicht, bis schliesslich die Verschiedenheit der Stellung beider Beine fast ausgeglichen ist. Eine vollkommene Ausgleichung tritt jedoch erst nach langer Zeit ein, da nun vielleicht der von Cohnstein hervorgehobene Umstand in Betracht kommt, dass nämlich die durch den Zug der Schwere gereizten Hautnerven auf reflectorischem Wege den Schenkel in einem geringen Grade der Contraction erhalten können; dabei wäre jedoch auffallend, dass nur die Extensoren der Zehen auf reflectorischem Wege gereizt werden sollten, während doch zu erwarten stände, dass alle Muskeln des Schenkels eine solche geringe Contraction zeigen müssten. Wahrscheinlicher ist deshalb, dass es der fortwährende Reiz auf die Schnittfläche des Rückenmarks ist, welcher dfe gänzliche Ausgleichung der Stellung verhindert, da ja hier die Beugungscentren gelegen sind, von denen sowohl Beugung des Unterschenkels, als Dorsalflexion des Fusses ausgeht. Am längsten erhält sich eine geringe Ablenkung des Fusses, die freilich bedeutend geringer, als bei der von Brondgeest abgebildeten Stellung ist; auf den Fuss wirkt ja auch nur die allgemeine Schwere allein, während der Unterschenkel noch durch das Gewicht des Fusses, der Oberschenkel durch das des ganzen Unterschenkels gedehnt wird. Dass die Oberschenkel schon gleich nach dem Aufhören der Bewegungen einen gleichen Winkel mit der Medianlinie des Frosches bilden, erklärt sich daraus, dass, wie ich zu wiederholten Malen gesehen, der Oberschenkel des Beines, an welchem der Ischiadicus durchschnitten ist, noch von Zeit zu Zeit abducirt wird, was zu erwarten war, da nach der Durchschneidung des Nerven am Oberschenkel die meisten Muskeln desselben noch vom Rückenmark innervirt werden können. Was endlich die etwas höhere Stellung des Tendo Achillis des nicht paralysirten Unterschenkels betrifft, so verschwindet sie sehr

Digitized by Google

bald. Oft hat es den Anschein, als ob dieselbe blos darauf beruhe, dass die Achillessehne des betreffenden Beines sich an der des paralysirten reibt, da fast nach jeder heftigen Anziehung des Beines die Fersen beider Füsse sich innig berühren. Brachte ich dann, ohne zu zerren, beide Füsse vorsichtig auseinander, so zeigte sich nun durchaus keine Verschiedenheit in der Stellung beider Fersen. Endlich könnte man auch noch daran denken, dass die Reibung der Sehnen an den Knochen des Fusses und der Gelenkflächen an einander die Ausgleichung der Stellung erschweren.

Um nun unsere Behauptung, dass die veränderten Elasticitätsverhältnisse es sind, welche vorzüglich die Brondgeest'schen Erscheinungen bedingen, noch fester zu stellen, wurde eine Reihe von Versuchen angestellt, welche es sich zur Aufgabe machten, dieselben Erscheinungen auf einem anderen Wege herbeizuführen und zwar so, dass die Mitwirkung eines Tonus sich dabei von selbst ausschliessen musste. Zunächst wurde einem Frosche ganz so, wie Brondgeest es that, das Rückenmark durchschnitten und derselbe sodann ohne weitere Präparation an der Schnauze aufgehängt. Dann wurde der eine Schenkel durch mechanische Reize auf die sensibeln Nerven zu wiederholten Anziehungen gezwungen, während der andere möglichst ruhig blieb. Hielt man, nachdem der Frosch oftmals das irritirte Bein heftig angezogen hatte, mit dem Reizen ein, so zeigte sich nun dieselbe Stellung, wie beim Brondgeest'schen Versuche; der oft und heftig angezogene Schenkel war mehr gebeugt, als der andere, der doch in diesem Falle auch noch vom Rückenmarke aus innervirt wurde. Brachte man dann nach einiger Zeit auf dieselbe Weise, nämlich durch Kneifen der Zehen, den anderen zu wiederholten Anziehungen, so zeigte nun dieser die entsprechende Stellung. Bei diesen Versuchen zeigte sich jedesmal, dass zugleich der nicht gekniffene Schenkel abwehrende Bewegungen machte, die in einer Beugung des Unterschenkels und Plantarflexion des Fusses bestanden. Die Beugung des Unterschenkels entsprach dann so ziemlich der des anderen Schenkels; der Fuss aber bildete, da nun der Gastrocnemius in lebhafte Thätigkeit gerathen war,

Digitized by Google

einen viel kleineren Winkel mit der Mittellinie des Thieres, woraus schon allein eine Stellungsverschiedenheit resultirt.

Eine andere Methode, um dieselben Verhältnisse hervorzubringen, ist folgende: Es wurde das Rückenmark wie oben durchschnitten, dann die Achillessehne des einen Beines vom Calcaneus abgetrennt; an demselben Beine wurde ferner der Ischiadicus durchschnitten und mit seinem peripherischen Theile auf die Elektroden eines Magnet-Elektromotors gelegt, während das andere Bein unversehrt blieb. Tetanisirte man dann den Ischidiacus, so geriethen natürlich sämmtliche Muskeln des Unterschenkels und des Fusses in Contraction; da aber der Gastrocnemius, also der Hauptbeugemuskel wirkungsunfähig gemacht war, so trat die Wirkung der Extensoren des Fusses und der Zehen überwiegend hervor; man bemerkte deshalb nach Aufhören des Tetanus dieselben Stellungsverschiedenheiten beider Beine, wie sie Brondgeest abbildet, obwohl der nicht tetanisirte Schenkel noch vom Rückenmark aus innervirt werden konnte. Noch deutlicher trat die Verschiedenheit natürlich nach der Durchschneidung des anderen Ischiadicus hervor. Eine Modification dieses Versuches ist die, dass man beide Ischiadici durchschneidet und sodann den N. peroneus der einen Seite tetanisirt. Man erhält dann dieselben Resultate, wie vorhin. Diese Versuche lassen sich noch auf verschiedene Weise modificiren und ergeben immer dasselbe: das ermüdete Bein giebt nur ganz allmählig dem Zuge der Schwere nach, es hinterbleibt eine Nachwirkung der Contraction. Dass in der That keine Verschiedenheit zwischen der Stellung, wie sie Brondgeest hervorrief, und wie wir sie auf mannigfache Weise erzeugt haben, besteht, ersieht man noch aus folgendem Versuche: Es wurden 2 Frösche von möglichst gleicher Grösse neben einander an den Schnauzen aufgehängt; beiden wurde das Rückenmark an derselben Stelle durchschnitten, ebenso der Ischiadicus bei beiden, aber nicht auf derselben Seite. Der eine Frosch wurde in diesem Zustande gelassen; bei dem anderen wurde noch die Achillessehne von der Ferse abgetrennt und zwar am gelähmten Beine und sodann der Ischidiacus desselben tetanisirt. Der Erfolg war, dass die Stellungsverschiedenheit bei beiden Fröschen fast gleich war, wenn man von dem gering-

Digitized by Google

fügigen Umstande absieht, dase bei dem zweiten Frosche die Zehen etwas mehr gespreizt waren, was wohl in der grösseren Heftigkeit der Contraction seinen Grund hat. Um nach dem Tetanisiren der Muskeln des Unterschenkels denselben nicht plötzlich herabfallen zu lassen, sondern die Verhältnisse mehr der Natur näher zu bringen, wurde, wenn der Tetanus aufhören sollte, die secundäre Spirale langsam um 90° gegen die primäre gedreht, so dass der Schenkel ganz allmählig herabsank, und dann erst der Tetanisirschlüssel wieder geschlossen. Die Stellungsverschiedenheit blieb bei beiden Fröschen in derselben Weise längere Zeit bestehen; etwas rascher nahm jedoch die Beugung des tetanisirten Gliedes ab; denn hier ist die Leitung von den Centralorganen zu den Muskeln unterbrochen, es werden also auch die mannigfachen Reizungen des Rückenmarks und der Hautnerven des Schenkels ohne Erfolg sein. Es ergiebt sich aus diesen Thatsachen also Folgendes: Die Beugung des unverletzten Gliedes im Brondgeest'schen Versuche beruht darauf, dass die durch wiederholte Anziehungen des Beines contrahirten Muskeln nach Aufhören derselben zunächst bis zu einer bestimmten Länge rasch durch die allgemeine Schwere und die des Gliedes ausgedehnt werden, dass letzteres aber sodann lange Zeit in derselben Stellung bleibt, was auf einer Nachwirkung der Contraction beruht, in Folge welcher die Elasticität des Muskels vermehrt wird. Der Muskel besitzt also, wenn seine Contractionen sich bis zur Ermüdung gesteigert haben, nach Aufhören derselben eine vermehrte Elasticität, er leistet der Ausdehnung beträchtlichen Widerstand und kehrt nur langsam in seinen früheren Znstand zurück. Eine ähnliche Beobachtnng hat auch schon Heidenhain gemacht. Er sagt in seinen physiologischen Studien, p. 39 und 40: „Es geht daraus hervor, dass nach Zuckungen öfter geringe Contractionen der Muskeln zurückbleiben, die erst allmählig nachlassen. Ich habe diese bleibende Zusammenziehung sehr häufig nach stärkeren Zuckungen beobachtet.“ Man kann ja auch am eigenen Körper wahrnehmen, wie nach sehr heftigen Anstrengungen der Muskeln dieselben noch lange Zeit geschwollen und härter erscheinen, als gewöhnlich, was offenbar nur darauf beruhen kann, dass solche wiederholten starken Contractionen sich nur

Digitized by Google

langsam ausgleichen. — Was endlich die Versuche von Brondgeest, welche einen Reflextonus beweisen sollen, betrifft, so hat die richtige Erklärung derselben schon Hermann gegeben; ich brauche deshalb nicht weiter darauf einzugehen.

Nachdem auf diese Weise nachgewiesen war, dass di Brondgeest'sche Stellung nicht in einem Tonus, sondern i ganz anderen Verhältnissen ihren Grund habe, handelte es si darum, womöglich auf einem anderen Wege die Tonusfrage entscheiden. Dies geschah nach einer von Herrn Prof. Pflü vorgeschlagenen Methode, deren Princip wesentlich das war, wie dasjenige, welches den Heidenhain'schen Versu en zu Grunde lag. Es handelte sich darum, die Leitung im N en auf eine Weise zu unterbrechen, dass der Muskel nicht kte und dann die etwa dabei eintretende Verlängerung de lben genau zu messen. Zur Unterbrechung der Leitung wu e ein starker aufsteigender Strom benutzt; die Stromesschleifen urden durch die Präparationsmethode vermieden. Zur Unte uchung diente der Gastrocnemius des Frosches. Das Verfa en war dabei genauer angegeben folgendes: Ein Frosch urde auf einem Brette sicher befestigt; sodann wurde an einem Schenkel der N. ischiadicus und die A. femoralis präparirt, letztere unterbunden und unterhalb der Unterbindungsstelle du hschnitten. Dann wurde der Ischiadicus am Oberschenkel ganz frei gelegt, letzterer in seinem oberen Theile ohne Verletzung o r Zerrung des Schenkelnerven amputirt und möglichst von M keln gereinigt; am Unterschenkel wurde der Gastrocnemius präparirt, seine Achillessehne möglichst dicht an der Ferse gelöst und nun auch der Unterschenkel im Kniegelenk a tirt und entfernt, so dass davon nur der Gastrocnemius rig blieb. Nerv und Muskel wurden während des Versuc s sorgfältig vor dem Betrocknen geschützt; auch wurde Sorg getragen, dass der Nerv weder durch Zerrung noch durch Anfassen mit der Pincette insultirt wurde. Sodann wurde das Brettchen mit dem Frosche mittelst einer Klemme in der Höhe des Objekttisches eines Mikroskops befestigt, der Oberschenkelstumpf, an dem der Gastrocnemius hing, in derselben Höhe durch eine andere Klemme fixirt und nun an der präparirten Achillessehne mittelst eines feinen Häkchens ein Gummiband

Digitized by Google

befestigt, das seinen anderen Stützpunkt in derselben Ebene an einem anderen Stativ fand. Dies Gummiband wurde in mässiger Spannung erhalten, so dass der Gastrocnemius gerade dadurch gespannt, aber nicht allzusehr gedehnt und gezerrt wurde. An einer Stelle war in den Verlauf des Gummibandes ein Mikrometer eingefügt, eine Theilung von 5 Millimeter enthaltend, deren jedes wieder zunächst halbirt war; eine jede Hälfte zerfiel wieder in 5 Theile, so dass ein Theilstrich den Werth von 0,1 Mm. besass. Dies Mikrometer wurde mittelst des elastischen Bandes über den Objekttisch eines Mikroskops weggeführt, in der Weise, dass es sich bei den Bewegungen des Gummibandes nicht darauf rieb. Das Mikroskop selbst enthielt ein Ocular-Mikrometer. Bei jedem Versuche wurde dann ein Theilstrich dieses Ocularmikrometers scharf eingestellt auf einen Theilstrich des über dem Objekttisch befindlichen Mikrometers des Gummibandes, so dass man, falls etwa eine Verlängerung des Muskels eintrat, dieselbe sofort an der Bewegung des unteren Mikrometers wahrnehmen musste. War auf diese Weise das Mikroskop eingestellt, der Gastrocnemius mässig gespannt, so wurde ein Paar Zink-Elektroden dem Ischiadicus angelegt, und zwar wurde die dem Muskel nähere Elektrode mit dem positiven Pole einer aus 4 Grove'schen Elementen bestehenden Batterie verbunden, während vom negativen Pole aus zunächst ein Draht in ein wohl isolirtes mit reinem Quecksilber gefülltes Porzellanschälchen leitete; die negative Elektrode lief in einen Draht aus, an dessen Ende sich ein wohl amalgamirtes Metallstäbchen befand. Durch Eintauchen des letzteren in das Quecksilber des Schälchens wurde dann, falls der Nerv auf den Elektroden lag, die Kette geschlossen. Kurz vor dem Schliessen wurde noch einmal die Einstellung des Mikroskops regulirt und dann endlich die Kette geschlossen, während zugleich das untere Mikrometer durch das Mikroskop beobachtet wurde. In allen diesen Versuchen nun, bei denen dem Pfüger'schen Zuckungsgesetz entsprechend keine Schliessungszuckung eintrat, zeigte sich auch nicht die geringste Veränderung im Stande des unteren Mikrometers. Da die Theilstriche desselben je 0,1 Mm. auseinander standen, jeder derselben aber leicht unter dem Mikroskop wegen des Ocularmikrometers in 10 Theile zerlegt werden konnte, so hätte man

Digitized by Google

eine Verlängerung des Muskels um 0,01 Mm. und weniger wahrnehmen müssen. Aber nie trat eine solche ein. Es ergiebt sich demnach so viel aus diesen Versuchen, dass, falls ein Tonus der willkürlichen Muskeln besteht, derselbe ausserordentlich gering ist, so gering, dass er durch alle bis jetzt angewandten Methoden nicht nachgewiesen werden kann. Man könnte versucht sein, einen Tonus für die quergestreiften Muskeln gänzlich zu läugnen, wenn es nicht immer misslich wäre, auf negative Resultate hin, eine wichtige Frage zu entscheiden. Wahrscheinlich ist freilich ein solcher Tonus gerade für diese Muskeln nicht, da man nicht einsieht, wesshalb der Organismus so viel Kraft scheinbar unnöthig verschwende. Aber teleologische Gründe dürfen nicht massgebend sein. Anders steht es vielleicht mit dem Tonus der glatten Muskeln; für die der Arterien hat man ja seit Bernard's Experimenten einen solchen allgemein angenommen. Nicht so übereinstimmend sind die Ansichten über einen Tonus der Sphincteren. Zwar glaubten Heidenhain und Colberg*) auf Versuche hin, welche sie am sogegenannten Blasenschliessmuskel anstellten, einen solchen für die Sphincteren annehmen zu müssen, doch haben v. Wittich**) und Rosenthal gezeigt, dass die Gründe, auf welche sich jene dabei stützten, auf Beobachtungsfehlern beruhen, dass also ein Tonus für diese Muskeln durchaus noch nicht erwiesen ist. Uebertragen wir jedoch den Begriff des Tonus auch auf die sensible Sphäre und verstehen wir darunter die fortwährende Thätigkeit der sensiblen Nerven, so sprechen hier mancherlei Erscheinungen für die Annahme eines solchen Tonus. Man denke nur an das Gemeingefühl, an den Muskelsinn; wir haben dadurch zu jeder Zeit Kenntniss von der Lage unserer Organe. Die sensibeln Nerven müssen also fortwährend im Zustande einer geringen Erregung sein.

Was schliesslich noch speciell die Fehlerquellen der von uns benutzten Methode betrifft, so leidet dieselbe wesentlich wohl nur an einem, dass nämlich durch die grosse Präparation

*) Heidenhain und Colberg, Versuche über den Tonus des Blasenschliessmuskels. Müller's Archiv 1858.

**) v. Wittich, Anatomisches, Physiologisches und Pathologisches über den Blasenverschluss. Königsberger medicinische Jahrbücher II. pag. 12.

Digitized by Google

zu sehr in die ganze Natur des Organismus eingegriffen wird. Dem Muskel ist überdies die Blutzufuhr abgeschnitten, und wenn auch durch wiederholtes Betupfen mit frischem Blut während des Versuchs diesem Mangel möglichst abgeholfen wurde, befindet er sich doch keineswegs unter ganz normalen Verhältnissen. Immerhin legt auch dieser Versuch einen neuen Beweis von der Schwierigkeit ab, die Tonusfrage durch positive experimentelle Thatsachen zu entscheiden.

Digitized by Google

IV.

Ueber die Veränderung der Erregbarkeit der sensitiven Nerven im electrotonischen Zustande.

Von

Cand. med. **E. Zurhelle.**

Nach den exakten Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus der motorischen Nerven und der sichern Feststellung der Gesetze für die Art der Beeinflussung der Nervenerregbarkeit durch den constanten Strom war nothwendigerweise eine analoge Untersuchung über das Verhalten der sensitiven Fasern schon an sich von grösstem Interesse, abgesehen davon, dass eine derartige Untersuchung in ihren Resultaten nicht werthlos zu bleiben versprach für die Beantwortuug der Frage, ob sensitive und motorische Fasern ihrem Wesen nach Bildungen von gleicher Qualität seien.

Durch das Interesse der Frage geleitet und unterstützt durch die Güte Prof. Ed. Pflüger's, dem ich hier meinen innigsten Dank zu sagen mich veranlasst fühle, habe ich im physiolog. Institut zu Bonn eine grosse Anzahl von Versuchen über dieselbe angestellt.

Was das Verfahren bei den Versuchen betrifft, so bediente ich mich durchweg möglichst starker frischer Frösche, bei denen, nachdem sie auf der Ecke eines eingeklemmten Brettchens befestigt waren, so wie bei dem Versuche der elektrischen Empfindungen, der Nervus Ischiadicus herauspräparirt und der Oberschenkel nach Unterbindung der Gefässe amputirt wurde. Durch eine Hautwunde vergiftete ich die Thiere mit einer Lösung von Strychnin.

Die möglichst schwache Strychninvergiftung ist ein wesentliches Requisit für das Gelingen des Versuchs, da sie eben nur

Digitized by Google

dazu dienen soll, die Reflexthätigkeit bedeutend anzuregen, jedoch dieselbe nicht auf ihr Maximum zu steigern, weil in letzterm Falle die Thiere zu schnell in continuirlichen Strychnin-Tetanus verfallen und unbrauchbar werden würden.

Zur Reizung diente ein schwacher Schliessungsinductionsschlag, oder auch die Schliessung oder Oeffnung eines zweiten constanten Stroms oder eine conc. Lösung von Kochsalz. Die Schliessung des inducirenden Stromes geschah in der Regel mit der Hand bei möglichster Gleichmässigkeit; später bei Controllversuchen mit dem elektromagnetischen Fallapparat, jedoch bei Vermeidung jeder Erschütterung, um, namentlich bei hoch lich gestiegener Reflexthätigkeit, zufälligen Tetanus zu verhüten.

Der Strom, der reizen, sowie der, welcher polarisiren sollte wurde dem Nerven durch Zinkelektroden zugeführt.

Die galvanischen Elemente waren die bekannten kleinen Grove'schen.

Ich begann mit dem positiven Pol des absteigenden Stroms, also mit dem aufsteigenden extrapolaren Anelectrotonus und zwar zunächst bei einem constanten Strom von vier Elementen.

Wenn nun, während der const. Strom nicht geschlossen war, eine nicht zu heftige Wirkung des Schliessungsinductionsschlags oder ein schwacher Reflextetanus in Folge einer Kochsalzreizung vorhanden war, so verschwanden diese Erscheinungen sofort mit der Schliessung des constanten Stroms, sobald also die gereizte Stelle in die Region des aufsteigenden Anelectrotonus kam. Es war demgemäss offenbar herabgesetzte Erregbarkeit in der anelectrotonisirten Strecke, da der Reiz keine Reflexzuckung mehr erzeugte. Die Erregbarkeit war also auf gleiche Weise in der sensitiven Faser verändert, wie unter gleichen Bedingungen in den motorischen Elementen des Ischidiacus. Es sind diese Erscheinungen vollständig constant und können bei frischen Thieren mit lang andauernder Regelmässigkeit zur Beobachtung kommen.

Ich machte ferner den Versuch mit dreien, zweien und zuletzt mit einem Element.

Durch vergleichende Reizung verschiedener Nervenstellen zeigte sich, dass übereinstimmend mit dem Verhalten der mo-

Digitized by Google

torischen Nerven die Länge der extrapolaren anelectrotonisirten Strecke zunehme mit der Stärke des Stroms, während bei jeder Stromstärke die Erscheinungen gleich regelmässig auftraten.

Es konnte ferner festgestellt werden, dass die Stärke der Herabsetzung der Erregbarkeit mit der Entfernung der gereizten Stelle aufwärts von der positiven Electrode abnehme. Auch diese Nachweisung geschah durch Vergleichung der Zuckungsgrössen bei Reizung verschiedener Nervenstellen. Dass endlich alle diese Erscheinungen physiologische seien und kein bemerkbarer Stromantheil in der extrapolaren Strecke vom constanten Strome vorhanden sei, ergab sich daraus, dass nach Durchschneidung der Nerven zwischen Reizelectroden und positivem Pol des constanten Stroms und Wiedervereinigung der Stücke jede Erscheinung des Anelectrotonus verschwunden war.

Nach hinlänglicher Constatirung dieser allerdings zu erwartenden Thatsachen wandte ich mich der Region des positiven Pols des aufsteigenden Stroms, des absteigenden Anelectrotonus zu. Auch hier zeigte sich durchweg herabgesetzte Erregbarkeit bei jeder Stromstärke, so wie ferner, dass der Effect unabhängig sei von der Richtung des Inductionsschlags und dass nach Erzeugung eines Tetanus durch Reizung mittelst einer concentrirten Lösung von Chlornatrium in der Region des positiven Pols des const. Stroms, derselbe sogleich mit der Schliessung des constanten Stroms verschwand.

So weit haben bis jetzt meine Versuche positive Resultate geliefert. Die Beschränktheit der Zeit und besonders eigenthümliche die Arbeit hindernde Schwierigkeiten veranlassen mich, das Weitere einer spätern Bearbeitung vorzubehalten. Während nämlich die Regionen des positiven Pols keinerlei Schwierigkeiten darboten, war eine besondere Unregelmässigkeit und starke Schwankung der Erregbarkeit in der Region des negativen Pols, als durch Schliessung des constanten Stroms bedingte Modification bemerkbar, die mich bis dahin hinderten, zu einem positiven Resultat zu gelangen.

Digitized by Google

V.

Untersuchungen über den Einfluss, den die Blutgase, d. i. Sauerstoff und Kohlensäure, auf die Athembewegungen ausüben.

Von

Stud. med. **Wilhelm Dohmen** aus Düren.

Bemerkung. Nachfolgende Arbeit ist im Wintersemester 1863—64 in meinem Laboratorium ausgeführt und am 1. Mai 1864 der Bonner medicinischen Facultät zur Bewerbung um den ausgeschriebenen Preis präsentirt, welcher ihr zuerkannt wurde. Pflüger.

Der Respirationsprocess, als einer der wichtigsten, durch welche die Fortdauer des Lebens bedingt ist, hat von jeher vor allen andern die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gelenkt.

Bei der grossen Zahl der Untersuchungen, welchen er unterzogen wurde und den mannigfachen Gesichtspunkten, von welchen aus dieselben geleitet wurden, konnte es nicht fehlen, dass zwar zahlreiche, zum Theil aber auch die einander widersprechendsten Resultate zu Tage gefördert und in Folge dessen oft einander ganz entgegengesetzte Behauptungen aufgestellt wurden. Besonders wurde nach der Ursache der Respirationsthätigkeit und der Einwirkung, welche die Blutgase, Sauerstoff und Kohlensäure auf den Athmungsvorgang ausüben, geforscht.

Alle diese Ansichten und die Art und Weise, wie die Verfechter derselben dazu gelangten, zu prüfen, würde unstatthaft sein und ganz und gar ausserhalb des Bereiches dieser

Digitized by Google

kleinen Abhandlung liegen. Nur sei es mir gestattet, aus der grossen Zahl der Untersuchungen die kurz zu berühren, auf welche die anzustellende Untersuchung sich stützt und zwar auch diese nur in so weit, als es eben die Sache nothwendig erfordert.

Marshall Hall stellte die Ansicht auf, es würden die Athembewegungen theils auf reflectorischem Wege, theils durch den Willen hervorgerufen und zwar sollen die reflectorischen Athembewegungen auftreten in Folge des Reizes, welcher vorzüglich auf die Verästelungen des nervus vagus in der Lunge von der dort angehäuften Kohlensäure ausgeübt werde. Dann müssten nach Durchschneidung der beiden nervi vagi, wie Volkmann ganz richtig folgert, die Athembewegungen nur noch durch den Willen hervorgerufen werden; wir finden nun aber nach Durchschneidung der nervi vagi, wenn auch eine Verlangsamung, doch immer noch eine grosse Regelmässigkeit in Zahl und Stärke der Athemzüge und zwar bei verschiedenen Individuen ganz in derselben Weise, natürlich kleine individuelle Verschiedenheiten abgerechnet. Woher aber diese Uebereinstimmung von Willensäusserungen bei verschiedenen Individuen herrühren sollte, ist schwer begreiflich. Es müsste aber ferner, wenn man man das Grosshirn exstirpirte, jedwede Athembewegung aufhören, was bekannterweise nicht der Fall ist. Es könnte jetzt nur noch durch den Reiz, der auf die Verzweigungen des nervus sympathicus ausgeübt würde, die Athmung in Gang erhalten werden. Um dies zu widerlegen, exstirpirte Volkmann nach Durchschneidung der beiden n. vagi und Herausnahme des Grosshirns, die Lungen mit Schonung der nervi phrenici; die Respirationsbewegungen hörten jedoch nicht auf. Deshalb kann diese Ansicht nicht richtig sein.

Die Lehre Brachet's ist ebensowenig haltbar. Nach ihm soll uns nämlich das Gefühl des Bedürfnisses zum Athmen antreiben. Dieses Bedürfniss werde durch Vermittelung des nerv. vagus zu unserm Bewusstsein gebracht; wenn aber der nervus vagus nicht mehr leitungsfähig sei, gleichviel aus welcher Ursache, das Gefühl des Bedürfnisses also nicht mehr vermittelt werden könne, athmeten wir aus Gewohnheit fort. Dass das Gefühl des Bedürfnisses fehle, beweise der Umstand, dass Thiere

Digitized by Google

mit durchschnittenen n. vagis den Erstickungstod stürben, ohne die geringsten Symptome von Angst und Dyspnoe. Dies letztere ist jedoch unrichtig. Haben wir auch einem Thiere beide n. vagi durchschnitten, so tritt doch, wenn wir ihm die Luftzufuhr abschneiden, ebenso gut Dyspnoe und Orthopnoe auf, wie bei unversehrt erhaltenen Nerven. Und was das Fortathmen aus Gewohnheit betrifft, so giebt es heutzutage sicherlich Niemanden mehr, der nicht überzeugt wäre, dass auch angewöhnte Bewegungen nur durch die Nerven vermittelt werden und diese nothwendig erst gereizt werden müssen, was ja schon daraus hervorgeht, dass alle angewohnten Bewegungen aufhören, sobald die vermittelnden Nerven durchschnitten werden.

Joh. Mueller stellt die Athembewegungen dar als automatische Bewegungen des animalen Systems mit intermittirendem Typus.*) Man darf aber nicht annehmen, dass Joh. Müller die Athembewegungen, die er als automatische bezeichnet, so aufgefasst habe, wie man sie seiner Definition von automatischen Bewegungen nach auffassen müsste, d. h. dass er diese Bewegungen als solche aufgefasst hätte, welche ohne Zuthun unseres Willens, durch Ursachen, welche in den Nerven und dem Centralorgane selbst liegen, hervorgebracht würden, ohne dass irgend etwas ausser ihnen Liegendes auf diese Gebilde einwirken und sie zu ihrer Thätigkeit anregen könnte. Dieses hat Joh. Mueller gar nicht sagen wollen. Dann könnte man gar nicht einsehen, weshalb in den letzten Stadien des Foetalzustandes, wo doch die Nervengebilde und das Centralorgan keinen nachweisbaren Unterschied zeigen von denen des Geborenen, weshalb nicht schon da durch die Nerven und das Centralorgan der ihnen innewohnenden Beschaffenheit nach Athembewegungen ausgelöst werden, ausser in dem Falle, wo eine bestimmte nachweisbare Veränderung in dem Zustande des Foetus eingetreten ist. Da wir aber nun wissen, dass bei normaler Construction der foetalen Gebilde jedesmal nach dieser bestimmten Veränderung Athembewegungen ausgelöst werden,

*) Als automatische Bewegungen bezeichnet er diejenigen, welche entweder anhaltend oder in einem bestimmten Rythmus, ohne von Seelenactionen abhängig zu sein, erfolgen, und zwar erfolgen aus gesunden, natürlichen, in den Nerven oder Centralorganen liegenden Ursachen.

Digitized by Google

so müssen wir doch annehmen, dass eben diese Veränderungen, welche mit dem Foetus vor sich gehen, die erste Ursache zur Athmung sind. Mueller selbst hat aber auch angenommen, dass ein äusserer Reiz auf das Centralorgan ausgeübt werden müsse, um es zur Thätigkeit zu bringen und zwar glaubt er, dass der Sauerstoff des Blutes diesen Reiz ausübe. Der Versuch jedoch, den er zur Bekräftigung dieser Ansicht aufstellt, beweist die Richtigkeit derselben durchaus nicht. Er brachte einen Frosch in einen Raum, der mit Wasserstoffgas angefüllt war, in welchem derselbe natürlich bald nicht nur die Athembewegungen, sondern auch alle andern Functionen einstellte. Nachdem er sogleich aus diesem Raum heraus und an die äussere Luft gebracht wurde, erholte er sich bald wieder. Dieser Versuch beweist weiter nichts, als dass zur Fortdauer des Lebens Sauerstoff nöthig ist, dass ohne diesen kein Reiz, welcher Art er auch immer sei, und worauf er auch immer ausgeübt werde, zur Geltung gelangen könne, und dass, so lange das Leben noch nicht ganz erloschen ist, die Organe dadurch, dass ihnen neuer Sauerstoff zugeführt wird, ihre alte Leistungsfähigkeit wieder erhalten.

Man könnte sich aber auch in dem Falle, dass der Sauerstoff des Blutes die Ursache der Athembewegungen wäre, wiederum nicht erklären, weshalb der Foetus in den letzten Stadien der Schwangerschaft unter normalen Verhältnissen keine Athembewegungen macht.

Wenn auch direct durch die Analyse noch nicht nachgewiesen ist, dass das foetale Blut Sauerstoff enthält, so können wir doch darauf mit der grössten Sicherheit schliessen, da wir bei dem Foetus Processe beobachten, welche ohne Verbrauch von Sauerstoff gar nicht vor sich gehen können; ist es doch erwiesen, dass der Foetus Eigenwärme producirt, er führt Bewegungen aus, dann finden sich ferner Substanzen im foetalen Organismus, die höher oxydirt sind, als die, welche ihm durch das Blut zugeführt wurden. Wollen wir aber nun einmal annehmen, dass der Sauerstoff, welcher zu dieser höheren Oxydation nöthig ist, durch das Blut nicht zugeführt worden sei, so müssen wir nothwendig annehmen, dass aus der einen Verbindung Sauerstoff frei geworden sei, um dann anderwärts die

Digitized by Google

neue Verbindung einzugehen; auf jeden Fall also müssen wir freien Sauerstoff im Blute annehmen. Man könnte hier einwerfen, der Sauerstoffgehalt des foetalen Blutes sei vielleicht nicht gross genug, so dass der Reiz, den derselbe ausübe, nicht stark genug sei, um das Centralorgan der Athembewegungen zur Thätigkeit zu bringen. Dem steht jedoch die Thatsache entgegen, welche durch die Erfahrung und das Experiment erwiesen ist, dass Früchte, welche von aller äusseren Luftzufuhr sowohl als auch von der Blutzufuhr durch den Nabelstrang abgeschnitten waren, bei welchen also der Sauerstoff noch unter die Norm gesunken sein musste, deutliche, nicht zu verkennende Athembewegungen ausgeführt haben. Dahin gehört unter andern die bekannte Thatsache, dass Landthiere, selbst wenn sie unter Wasser geboren werden, zu athmen anfangen können. Der Sauerstoff des Blutes ist also nicht die Ursache der Athembewegungen, sondern es ist die Ausführung derselben durch das Vorhandensein des Sauerstoffs bedingt.

Volkmann und mit ihm Vierordt verwirft zunächst die Ansicht, dass die Thätigkeit der medulla oblongata in Beziehung auf die Athembewegungen durch die derselben als solcher innewohnende Natur veranlasst werde, sie müsse, behauptet er, noch durch einen äussern Impuls hervorgerufen werden. Da aber diesen weder der Sauerstoff der Athmungsluft noch die Kohlensäure hervorbrächten, so werde man den Grund dazu nicht in der äusseren Natur, sondern im Organismus selbst zu suchen haben. Der Athmungsvorgang sei mit Hülfe der Reflextheorie leicht zu deuten und zwar auf folgende Weise: Reizmittel sei die Kohlensäure, aber nicht die in den Luftwegen freigewordene, sondern die im Blute befindliche; der Ort der Erregung sei jeder Theil des Körpers, nicht bloss die Schleimhaut der Lungen; reizender Nerv sei endlich jeder Nerv, der centripetal leite und bis zum verlängerten Murke wirke, nicht bloss der nervus vagus. Er uimmt also an, die in Folge des Stoffwechsels immer sich wieder erneuernde Kohlensäure im Orgauparenchym übe einen Reiz aus auf die in den betreffenden Organen sich verbreitenden Endigungen centripetaler Nerven, welcher Reiz, von diesen auf die medulla oblongata übertragen, diese zur Thätigkeit anrege, wodurch dann die Reflexbewegung der Athemmuskulatur ver-

Digitized by Google

anlasst werde. Dass die sensibeln Nerven einen grossen Einfluss auf die Athembewegungen ausüben können, kann wohl durchaus nicht bezweifelt werden. Sehen wir doch, dass bei blosgelegten Früchten, deren Athmungsversuche bei unversehrten Eihüllen nur in grössern Zwischenräumen erfolgen, dieselben fast jedesmal erfolgen, wenn wir einen äussern Reiz auf das Thier ausüben, es kneifen oder stossen, oder einen Tropfen kalten Wassers auf die Eihüllen fallen lassen. Ferner sprechen für die Ansicht die erfolgreichen Belebungsversuche bei scheintodtgeborenen Früchten durch Hautreize, das Besprengen der Ohnmächtigen mit kaltem Wasser etc. etc. Wir wissen nun aber, dass, sobald ein Nerv in einen neuen Zustand übergeführt wird, eben diese Veränderung als Reizmittel auf denselben wirkt, mithin auch die durch den Stoffwechsel hervorgerufenen Veränderungen in dem Medium, in welchem sich die Nerven verzweigen. Diese Veränderungen aber, welche in den einzelnen Organen vor sich gehen, fallen zusammen mit denen, welche das Blut erleidet, die sich wiederum hauptsächlich auf die Blutgase erstrecken.

Volkmann hat hier nun allein die Anhäufung der Kohlensäure in denselben berücksichtigt, während wir doch nicht weniger die Verarmung des Blutes an Sauerstoff, oder um die Sache positiv auszudrücken, das Freiwerden der den Sauerstoff bindenden Substanz in's Auge fassen müssen. Wenn seine Untersuchung ihn dahin führt, dass er den Impuls zu den Athembewegungen in dem Athembedürfnisse sucht, welches aus den Nutritionsverhältnissen aller einzelnen Theile des Körpers entspringt, so muss er auch diese Nutritionsverhältnisse näher berücksichtigen, und nicht aus der Zahl derselben ein einziges, nämlich die fortwährende Bildung von Kohlensäure herausgreifen. Dem Einwurf, dass ja auch schon im Foetus ein Stoffwechsel stattfinde, also auch ein Gaswechsel zwischen Organparenchym und Blut und in Folge dessen ein Athembedürfniss auftreten müsse, dass aber hier trotz der schon ausgebildeten Leistungsfähigkeit der medulla oblongata und der übrigen zur Respiration nothwendigen Gebilde, doch keine Reaction erfolge, tritt Volkmann in folgender Weise entgegen: die in dem Foetus auftretende Athemnoth könne selbstverständ-

Digitized by Google

lich nicht eher auf das verlängerte Mark einwirken, bis dieses sich so weit entwickelt habe, dass es empfänglich für derartige Reize sei. Diese Empfänglichkeit werde sich erst allmählig ausbilden und in einem gewissen Grade kurz vor der Geburt schon da sein. (Was hier übrigens beiläufig zu bemerken, die Reizbarkeit der medulla oblongata ist schon vorhanden in dem ganzen letzten Drittel der Schwangerschaftsperiode, nicht erst kurz vor der Geburt.) Trotz dieser Entwickelung des verlängerten Markes übe die beständig im Minimum vorhandene Athemnoth, welche, so lange die Placentarcirculation ununterbrochen sei, auch auf diesem Minimum erhalten werde, keinen Reiz auf die medulla oblongata aus, und erst, wenn durch die Unterbrechung dieser Circulation das Athembedürfniss in dem Foetus enorm gesteigert sei, werde die medulla oblongata zur Thätigkeit gereizt und eine Reflexbewegung ausgelöst. Auf diese Weise einmal zur Thätigkeit angeregt, sei die medulla oblongata nun auch empfänglich für das Minimum der Athemnoth, wie es in dem Geborenen immerfort bestehen soll. Diese Art der Thätigkeit stehe durchaus nicht ohne Analogien da, da z. B. motorische Nerven erst dann für kleine galvanische Reize empfänglich würden, wenn ihre Reizbarkeit durch kräftige Erschütterungen erregt sei.

Wenn nun auch die Ausführung der Theorie Volkmann's unrichtig ist, da ja durch die Versuche von Flouren's und Longet nachgewiesen ist, dass der Reiz nicht durch centripetale Nerven auf die medulla oblongata übertragen zu werden braucht, sondern dass diese direct durch das Blut gereizt wird, so ist dieselbe doch in so fern ganz richtig, als sie die Ursache der Athembewegungen in die Veränderungen, die durch den Stoffwechsel hervorgebracht werden, setzt.

Einen sehr wichtigen Beitrag zu der Lehre von der Respiration und dem Einflusse, welchen die Blutgase auf dieselbe ausüben, liefert uns H. Schwartz in seinem Buche über die vorzeitigen Athembewegungen des Foetus. Hier weist der Verfasser nach, dass durch die Unterbrechung des Placentarkreislaufes, wodurch und unter welchen Umständen sie auch immer stattfinden möge, eine Anhäufung der Kohlensäure im Blute und eine Verarmung desselben an Sauerstoff auftrete und

Digitized by Google

dass dieses der erste Impuls zu den Athembewegungen sei. Zuerst zeigt er, dass im Foetus die Respiration der Erwachsenen durch einen, dieser ähnlichen Process gedeckt werden müsse.

Wie der Erwachsene, so bedarf auch der Foetus des Sauerstoffs, da, wie ich schon früher angegeben habe, Processe in ihm vor sich gehen, die nothwendig mit dem Verbrauche von Sauerstoff verbunden sind. Der ihm zugeführte Sauerstoff wird also fortwährend sinken und durch neuen ersetzt werden müssen, und zwar von der Placenta aus durch das Blut, da ja der Föetus auf keinem anderen Wege mit der Aussenwelt in Verbindung treten kann.

Auf der anderen Seite müssen wir uns als eine nothwendig an den Stoffwechsel geknüpfte Folge die Bildung von Kohlensäure denken. Da diese aber in den Organen selbst nicht abgelagert werden kann, muss sie in das Blut übergehen und sich in diesem in dem Maasse anhäufen, dass sie in der Placenta in das Blut der Mutter diffundirt. Also haben wir an der Berührungsstelle des mütterlichen und des foetalen Blutes, d. i. in der Placenta eine fortwährende Abgabe von Sauerstoff aus dem ersteren in das letztere und umgekehrt von Kohlensäure, also eine wahre Placentarrespiration. Wird diese nun auf irgend eine Weise, durch Compression der Nabelschnur, oder durch Ablösung der Placenta, oder durch den Tod der Mutter entweder ganz oder nur theilweise unterbrochen, so haben wir als nächste und hauptsächlichste Folge der Unterbrechung eine Anhäufung der Kohlensäure im Blute und eine Verarmung desselben an Sauerstoff. Mit dieser Unterbrechung der Placentarrespiration ist aber, wie Schwartz aus der Erfahrung und durch Versuche nachweist, immer das Auftreten von Athembewegungen verbunden, gleichviel in welchem Medium sich der Foetus gerade befindet, oder welchen äusseren Einwirkungen er ausgesetzt sei. Wenn nun aber durch die Unterbrechung des Placentarkreislaufes hauptsächlich eine Veränderung in den Blutgasen hervorgerufen wird und auf der anderen Seite, durch diese Unterbrechung immer ohne Ausnahme bei vorhandener Leistungsfähigkeit der Respirationsorgane der Impuls zu Athembewegungen gegeben ist, so müssen wir nothwendig folgern, dass diese Veränderung der Blutgase, also entweder die vermehrte

Digitized by Google

Kohlensäure, oder der verminderte Sauerstoff, oder beide zusammen die Athembewegungen hervorrufen.

Schwartz lässt es ganz unentschieden, ob der chemische Athmungsreiz des Blutes durch Vermittelung der Nerven des Organparenchyms oder durch directe Einwirkung auf das Centralorgan die respiratorischen Muskeln in Bewegung setze, ob die Kohlensäure selbst das reizende Element abgiebt, oder ob noch anderweitige, durch den Sauerstoffmangel herbeigeführte chemische Umsetzungen des Blutes und somit auch der Nervensubstanz thätig seien. In Bezug auf das letztere scheint er sich jedoch besonders der Ansicht zuzuneigen, dass die Verarmung des Blutes an Sauerstoff den Reiz hervorrufe, ohne dass er jedoch dafür Beweise, die sich auf Erfahrung oder Versuche stützten, beibrächte. Soviel muss man durch die Versuche von Schwartz jedenfalls als bewiesen erachten, dass beim Foetus durch den veränderten Gasgehalt des Blutes die Athembewegungen hervorgerufen werden.

Rosenthal stellt in seinem Buche über die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum nerv. vagus die bestimmte Behauptung auf und sucht sie zu begründen, dass nicht die Kohlensäure, wie man bisher angenommen habe, sondern der Sauerstoffmangel die medulla oblongata zur Thätigkeit bringe und somit die Athembewegungen hervorriefe. Er stellt folgende Beweispunkte auf: 1) die Athembewegungen werden um so schwächer, je mehr Sauerstoff dem Blute zugeführt wird und sie hören bei einer bestimmten Grösse der Sauerstoffzufuhr ganz auf. Die vermehrte Sauerstoffzufuhr wird, wie uns der Verfasser im achten Kapitel seiner Abhandlung mittheilt, durch energisches und schnelles Einblasen von athmosphärischer Luft in die Lungen bewirkt, was zunächst zur Folge hat, dass die Blutcapillaren der ganzen Respirationsfläche stets von einer nahezu reinen Luft umgeben sind. Rosenthal hat bei einem Kaninchen gefunden, dass nach dem Einblasen die Athembewegungen für die Dauer von nahezu fünf Minuten ausgesetzt wurden; nach dieser Zeit stellten sie sich wieder ein, anfangs zwar noch schwach und in grössern Zwischenräumen, bis sie allmählig wieder zur Norm zurückkehrten. Auf verschiedene Untersuchungen aber, welche ich später auch anführen werde,

Digitized by Google

gestützt, glaube ich behaupten zu können, dass der gewöhnliche Sauerstoff ehalt des Blutes höchstens nur auf zwei uud eine halbe Minute zur Unterhaltung des Stoffwechsels ausreicht; es muss also bei dem Versuche Rosenthal's eine bedeutende Menge verwendbaren Sauerstoffs mehr in das Blut aufgenommen worden sein. Es ist also in diesem Falle der Sauerstoffmangel so gering, oder anders ausgedrückt, der Sauerstoff ist mit einer so grossen Menge der denselben bindenden Substanz in Verbindung getreten, dass der freie Theil derselben keinen hinlänglich grossen Reiz mehr zur Auslösung einer Athembewegung auf die medulla oblongata ausüben kann, sondern sich erst nach dem Verlauf von fünf Minuten in einer hinreichenden Menge angesammelt hat. Wir müssen aber auch noch eine andere Veränderung berücksichtigen, welche bei diesem Versuche in dem Blute hervorgerufen wird. Durch den raschen Luftwechsel ist das Blut in den Lungen fortwährend von einer Luft umgeben, welche wenig oder gar keine Kohlensäure enthält. Da nun aber der grösste Theil der Kohlensäure im Blute einfach absorbirt und nicht chemisch gebunden ist, wie uns die neuesten Untersuchungen von Setchenow lehren, so wird es nicht ermangeln können, dass der Diffusionsstrom aus dem Blute in die Lungenluft bedeutend stärker als gewöhnlich ist; der Kohlensäuregehalt des Blutes wird also bedeutend sinken müssen, da ja dasselbe in den Capillaren die gewöhnliche oder jedenfalls eine nicht bedeutend vermehrte Menge Kohlensäure aufnimmt, in den Lungen aber bedeutend mehr abgiebt. Bei der Beendigung der künstlichen Respiration würde dieselbe in dem Maasse vermindert sein, dass bis zu fünf Minuten Zeit erforderlich wäre zu ihrer Anhäufung in einer so grossen Menge, dass sie einen genügend starken Reiz auf die medulla oblongata auszuüben vermöchte. Wie mir Niemand bestreiten wird, kann ich auf Grund des vorliegenden Versuches dieses ebensogut von der Kohlensäure als der Bindesubstanz des Sauerstoffs annehmen. Dieser Versuch kann also weder beweisen, dass der Sauerstoffmangel allein, noch dass die Kohlensäure, die Athembewegungen hervorruft, sondern er zeigt einfach nur das, dass entweder 1) der Sauerstoffmangel, oder 2) die vermehrte Kohlensäure, oder 3) beide zusammen im normalen Zustande die Athembe-

Digitized by Google

wegungen auslösen, und ferner noch mit Wahrscheinlichkeit, dass die Blutkörperchen unter Umständen eine grössere Menge Sauerstoff aufnehmen können als gewöhnlich.

2. Beweispunkt. Mit Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Blute werden die Athembewegungen stärker, so lange nur die Leistungsfähigkeit der Athembewegungsapparate nicht zu sehr leidet. Rosenthal beruft sich hierbei auf die Versuche, welche von Traube in dieser Hinsicht angestellt und von M. Marcuse in seiner Dissertation, betitelt: „De suffocationis imminentis causis et curatione“ mitgetheilt sind. Traube band in die Luftröhre eines Kaninchens zu diesem Zwecke eine Canüle ein, legte die Lungen bloss und durchstach sie an ihrer Oberfläche mit Nadeln. Hierauf leitete er aus einem Gasometer bald Ströme von Sauerstoff, bald von Wasserstoff, Stickstoff oder Kohlensäure auf längere Zeit durch die Lungen. Es stellte sich nun heraus, dass 1) so lange er Sauerstoff durchleitete, das Thier sich vollkommen ruhig verhielt, beim Durchleiten der übrigen Gasarten jedoch dieselben dyspnoetischen Erscheinungen zeigte, als wenn die Athmung ganz unterbrochen worden wäre. Die Methode an und für sich scheint mir jedoch nicht ganz zweckmässig zu sein. Wenn ich auch die Lungen an noch so vielen Stellen ansteche, so werde ich doch unmöglich jedes einzelne Lungenbläschen anstechen können, sondern nur einen sehr kleinen Theil derselben. Der Gasstrom aber, den ich von der Luftröhre aus in die Lungen gehen lasse, wird seinen Weg zu den einzelnen Lungenöffnungen nehmen, um durch diese die Lungen zu verlassen; der grössere Theil der Respirationsfläche wird also von dem durchgehenden Gasstrome gar nicht berührt werden.

Dann sagt uns ferner Marcuse nicht, wie die Gase, welche zu diesen Versuchen benutzt wurden, dargestellt worden. Wenn z. B. das Wasserstoffgas auf gewöhnlichem Wege durch Zersetzung des Wassers durch Zink bei Gegenwart von Schwefelsäure dargestellt wird, so weiss jeder, dass es beinahe unmöglich ist, es auf diesem Wege zu erhalten, ohne dass geringe Mengen von Arsenwasserstoff, Antimonwasserstoff, Kohlenwasserstoff in ihm enthalten sind, deren reizende Einwirkung auf die Schleimhäute der Luftmenge bekannt ist. Wenn aber auch die auf diese Weise angestellten Versuche ganz richtige Resultate

Digitized by Google

liefern, so lässt sich doch nur das durch dieselben beweisen, dass der Sauerstoffmangel Athembewegungen hervorruft, ohne jedoch die Möglichkeit der Wirkung der Kohlensäure auf das verlängerte Mark auszuschliessen.

3. Beweispunkt: der Kohlensäuregehalt hat auf die Grösse der Athembewegungen unmittelbar gar keinen Einfluss, da er sehr sinken kann, ohne dass die Athembewegungen schwächer werden (Traube) und sehr steigen, ohne dass sie stärker werden (Regnault und Reiset, W. Mueller). In Hinsicht auf diesen Punkt verweise ich kurz auf das Ergebniss der am Ende dieses Aufsatzes mitgetheilten Versuche mit Kohlensäuremischungen.

Wie wir aus diesem kurzen Abriss der Literatur der Athembewegungen gesehen haben, stimmen darin alle überein, dass die Athembewegungen in einem engen Zusammenhange stehen mit den Veränderungen, welche das Blut durch den Stoffwechsel in seinem Gasgehalte erfährt. Diese allgemeine Ansicht ist aber erst durch die Untersuchungen von H. Schwartz eigentlich begründet worden, der wie oben schon erwähnt wurde, nachwies, dass durch die Anhäufung der Kohlensäure im Blute und die Verarmung desselben an Sauerstoff der erste Athemzug hervorgerufen werde. Wodurch aber der erste Athemzug verursacht wird, werden auch wohl alle folgenden beim Geborenen hervorgerufen werden, besonders da, wie wir sehen, mit dem Sinken oder Steigen des Gasgehaltes des Blutes die Respirationsbewegungen stärker oder schwächer oder nach Umständen ganz aufgehoben werden. Auf die Untersuchung von Schwartz gestützt, müsste man jetzt zunächst festzustellen versuchen, ob 1) der Sauerstoffmangel allein, oder 2) die Anhäufung der Kohlensäure, oder ob 3) vielleicht beide zusammen die Ursache der Respiration abgäben und in welchen Gränzen sich beim Fallen, resp. Steigen des Kohlensäure- oder des Sauerstoffgehaltes die Zahl der Athemzüge und die Grösse jedes einzelnen bewegen. Ich stellte die dazu nöthigen Versuche in dem Laboratorium des physiologischen Instituts in Bonn an, von dessen Director, Herrn Prof. Pflüger mir auf die zuvorkommendste Weise alle nöthigen Mittel zur Verfügung gestellt wurden,

Digitized by Google

sowie er auch mir seinen Rath und seine Hülfe nie versagte, wofür ich ihm hier meinen Dank ausspreche.

Es schien mir zunächst erforderlich zu sein, bei Vermeidung der Anhäufung der Kohlensäure eine Verminderung des Sauerstoffs im Blute des Versuchsthieres herbeizuführen. Das einfachste Mittel dazu war natürlich das, ein indifferentes Gas durch die Lungen gehen zu lassen, wodurch die Kohlensäure weggeführt wurde, während zugleich das Blut keinen Sauerstoff erhielt.

Zu diesem Zwecke diente mir der Apparat, der auf Tafel I. abgebildet ist. Ich nahm zwei Gummibeutel, B. und B_1, mit ziemlich dicken Wänden, von denen ein jeder hundert bis hundert zwanzig Kubikcentimeter Luft zu fassen vermochte. Der erste dieser Gummibeutel B stand durch einen Caoutchoucschlauch mit einem messingenen Rohre R in Verbindung, welches in 2 Arme, r und r_1 auslief; der eine Arm r führte zu dem Ventile V, welches sich nur in der Richtung nach dem Rohre R zu öffnen konnte. Dieses Ventil wurde durch einen Schlauch N mit einem Spirometer in Verbindung gesetzt, der das zu benutzende Gas enthielt. Der zweite Arm des Rohres R, r_1, führte zu dem Ventile V_1, welches dem Luftstrome den Durchgang nur in der Richtung von dem Rohre R fort gestattete; von ihm ging ein Schlauch zu dem einen Arme s des sich gabelig theilenden Rohres R_1; der andere Arm desselben, s_1, stand wiederum in Communication mit einem Ventile V_2, welches sich nur in der Richtung nach einem dritten, sich in zwei Arme theilenden Rohre, R_2, öffnen konnte, womit es durch einen Schlauch zusammen hing. Von diesem dritten Rohre mündete der eine Arm in den Beutel B_1, der zweite dagegen lief in einen Schlauch M aus, der an seinem Ende luftdicht verschlossen war. Kurz vor diesem Verschlusse war die Wandung desselben durch einen ziemlich langen, haarscharfen Schnitt getrennt, welcher vollkommen den Dienst eines Ventils versah, und zwar öffnete er sich auf den geringsten Druck von innen her, schloss sich dagegen vollständig bei einem Drucke von aussen, indem die beiden Schnitttflächen sich aneinander legten. Nach demselben einfachen Principe waren auch die vorher erwähnten Ventile construirt. Ich nahm dazu Glasröhren von ungefähr

Digitized by Google

fünfzehn Millimeter Durchmesser und verschloss dieselben beiderseits mit einem guten Korkstopfen; diese letzteren waren durchbohrt und durch dieselben ein Glasröhrchen in das Innere der Hauptröhre hineingesteckt. Das eine dieser Glasröhrchen endete frei, auf das andere war ein Stück Gummischlauch aufgesetzt, das an seinem Ende luftdicht verschlossen war, durch ein hineingezwängtes Kügelchen, hinter welchem es dann noch mit einem Seidenfaden zugeschnürt wurde. Vor dem Verschluss war die Wand durch einen scharfen Schnitt getrennt. Sobald die Stopfen auf die Röhre aufgepasst waren, wurden sie an ihrer Oberfläche mit Wachs übergossen, und dann das ganze Ventil, bevor es in den Apparat eingeschaltet wurde, unter Wasser untersucht. Ich habe ein solches Ventil auf Tafel I, dargestellt; dasselbe bedarf wohl kaum einer weiteren Erklärung. Ich muss hier noch erwähnen, dass, wo immer zwei einzelne Stücke an dem Apparate zusammenstiessen, durch einen mehrmals herumgeführten Faden für den luftdichten Verschluss gesorgt war, die Schläuche selbst waren mit Fett eingerieben.

Die Wirkung der ganzen Vorrichtuug ist leicht ersichtlich. Zunächst wird das Rohr R_1 durch einen Schlauch mit einer Canüle in Verbindung gesetzt, welche fest in die Trachea eines Thieres, dessen Thorax geöffnet ist, eingebunden wird.

Drücke ich nun die beiden Beutel B und B_1 zu gleicher Zeit zusammen, so geht der Inhalt des Beutels B durch das Rohr R; in der Richtung, in welcher der Arm r führt, kann der Luftstrom nicht gehen, weil hier das Ventil V den Weg absperrt, er muss also nothwendig durch den Arm r_1 und das Ventil V_1 zu dem Rohre R_1 gelangen. Hier bleibt ihm aber nur ein Weg offen und zwar der durch den Haupttheil des Rohres in die Lungen. Durch den Arm s kann er nämlich nicht entweichen und zwar aus folgenden Gründen: Gleichzeitig mit dem Beutel B habe ich den Beutel B_1 zusammengedrückt; da aber der Inhalt des letzteren durch das Ventil des Schlauches M verhältnissmässig langsam entweicht, wird die Luft bis zu dem Ventile V_2 unter einem erhöhten Drucke stehen und das Ventil selbst verschliessen. Der Luftstrom wird also seinen Weg in die Lungen nehmen müssen. Hebe ich nun wieder den Druck auf die beiden Beutel auf, so muss sich der erstere B durch

Digitized by Google

das Ventil V aus dem Spirometer, der letztere, B_1, aus den Lungen, welche blossgelegt sind, mit Leichtigkeit vollsaugen. Ich kann nun durch schnelleres oder langsameres, stärkeres oder gelinderes Drücken auf die Beutel, die Lungen schnell oder langsam, vollständig oder weniger vollständig, so wie es gerade passend scheint, füllen.

Das zweite Erforderniss war nun, ein indifferentes, keine fremden reizenden Stoffe enthaltenes Gas zu beschaffen. Es empfiehlt sich hierzu vorzüglich der Wasserstoff und der Stickstoff. Ich wählte den ersteren, weil er allein wohl ganz rein darzustellen ist und zwar durch Electrolyse.

Es ist zwar etwas mühsam, sich ihn auf diesem Wege in so grossen Quantitäten, wie sie zu diesen Versuchen nöthig waren, darzustellen, jedoch immerhin noch ausführbar. Ich nahm als Electroden zwei grosse Platinbleche, jedes ungefähr von hundert Quadrat-Centimeter. Die negative Electrode brachte ich in einen Thoncylinder, die positive ausserhalb desselben an; der Boden desselben war durchlöchert, so dass das zu zersetzende Wasser, welches mit reiner Schwefelsäure angesäuert war, leicht eindringen konnte. Oben war der Cylinder durch einen gut schliessenden Stopfen geschlossen, durch den eine Glasröhre in's Innere des Cylinders führte, welche mit einem Gasometer in Verbindung stand. Der Korkstopfen selbst war mit Wachs übergossen. Das Gas wurde erst, nachdem die Batterie wenigstens eine Viertelstunde lang in Gang gesetzt worden war, in dem Gasometer über destillirtem Wasser aufgefangen, so dass man ganz sicher sein konnte, dass alle atmosphärische Luft, welche in dem von Flüssigkeit nicht angefüllten Theile des Thoncylinders und der Gasleitungsröhre befindlich war, ausgetrieben sei. Bei der Ueberfüllung des Gases aus dem Gasometer in den Spirometer, brachte ich die Leitungsröhre zuerst immer zwischen Glocke und äussere Wandung, sog sie darauf voll Wasser und band den Schlauch auf den Hahn des Gasometers auf. Die ersten Gasblasen liess ich zwischen Glocke und Wandung aufsteigen, worauf ich die Leitungsröhre erst unter die Glocke selbst brachte. Ich konnte also vollkommen sicher sein, dass sich im Spirometer ganz reines Wasserstoffgas befinde. Um bei der Angabe der einzelnen Versuche nicht

Digitized by Google

unnöthiger Weise zu Wiederholungen gezwungen zu sein, will ich hier den Gang derselben, wie ich ihn bei allen einhielt, darzustellen versuchen.

Vor allem wurde der Apparat jedesmal auf seinen luftdichten Verschluss untersucht; dies war sehr leicht, indem man nur die beiden Beutel B und B_1 zusammen zu drücken und zugleich den Schlauch N hinter dem Ventile V und das Rohr R_1 abzuschliessen braucht; wenn sich dann die Beutel nach einiger Zeit noch eben so leer zeigten, wie vorher, glaubte ich sicher sein zu können, dass alle Verschlüsse luftdicht hergestellt seien. Hierauf wurde die Luftröhre bei dem Thiere, welches zum Versuche benutzt werden sollte, frei präparirt, zur Hälfte durchschnitten und eine Canüle aus Neusilber eingeführt, welche fest in dieselbe eingebunden wurde. Bei der ganzen Operation verliert das Thier eine kaum zu beachtende Blutmenge und nur der Schmerz und die darauf folgende Beängstigung wirken etwas alterirend auf den Zustand des Thieres ein. Hierauf wurde nun der Apparat durch den Schlauch N mit dem Spirometer in Verbindung gesetzt, der auf die früher beschriebene Art mit Wasserstoff gefüllt war, während das Rohr R_1 noch immer geschlossen blieb. Jetzt wurde zuerst der Beutel B, dann B_1 zusammengedrückt, so dass die atmosphärische Luft durch das Ventil des Schlauches M entwich; wurde nun der Hahn des Spirometers geöffnet, so saugten sich die beiden Beutel aus demselben voll Wasserstoffgas. Dem Thiere wurde darauf die Bauchhöhle durch einen Kreuzschnitt geöffnet, theils um das Zwerchfell direct beobachten, theils um von hier aus einen Pneumothorax sicher ohne Verletzung der Lungen und rasch herstellen zu können. Während die Pleurahöhlen geöffnet wurden, wurde natürlich die Respiration auf künstlichem Wege in Gang erhalten, wodurch meistens dem Thiere noch zuviel Sauerstoff zugeführt wurde, so dass die Athembewegungen allmählig schwächer wurden. Ich wartete hierauf, bis dieselben wieder anscheinend normal waren, setzte dann die Canüle, die in die Luftröhre eingebunden war, mit dem Rohre R_1 in Verbindung, worauf das Einpumpen des Wasserstoffgases sogleich begann. Die Lungen wurden möglichst vollkommen und in schnellem Tempo gefüllt und ausgesogen, wobei vorzüglich darauf gesehen

Digitized by Google

wurde, dass das Aussaugen beinahe momentan und vollständig geschah. Da das Spirometer nicht so viel Gas fassen konnte, als während eines Versuches die Lungen durchströmte, wurde während des Versuches selbst von einem Gehülfen neues Gas aus einem Gasometer in das Spirometer übergefüllt. Als Zeichen des erfolgten Todes des Thieres nahm ich an 1) das Ausbleiben aller Athembewegungen; 2) das Ausbleiben von Reflexbewegungen bei Reizung der äusseren Haut und besonders der Conjunctiva.

Ich will hier aus der Zahl der einzelnen Versuche diejenigen aufzählen, bei denen keine der erwähnten Vorsichtsmassregeln in irgend einer Weise vernachlässigt wurde.

Versuch I. Schwarzes, grosses Kaninchen; nach Eröffnung der Bauchhöhle 49 Athmungen in der Minute; nachdem die Lungen frei gelegt waren, begann der eigentliche Versuch 10 Uhr 41¼ Minute. Bald nach dem Anfange des Versuches schienen die Contractionen des Zwerchfelles energischer zu werden, allmählig traten auch die übrigen Muskeln des Thorax in Thätigkeit, derselbe dehnte sich weit aus, das Thier streckte den Kopf weit nach vorn, sperrte den Mund und die Nasenlöcher auf, obgleich es ja durch diese Oeffnungen keine Luft mehr einziehen konnte; zu der Dyspnoe traten hierauf allgemeine klonische Krämpfe, die ungefähr ¼—½ Minute fortbestanden, dann allmählig mit den Athembewegungen schwächer und seltener wurden. Kurz vor dem Tode aber erschienen sie noch einmal mit grosser Heftigkeit, jedoch nur für sehr kurze Dauer. Tod des Thieres 10 Uhr 43¼ Min., Dauer des Versuches also 2 Minuten. Bei dem Versuche sind 13000 Kubik-Centimeter Wasserstoff durch die Lungen des Thieres getrieben worden.

Versuch II. Weisses mittelgrosses Kaninchen; Brust- und Bauchhöhle geöffnet. Anfang des Versuches 11 Uhr. 4¼ Min. Nach einer halben Minute treten die lebhaftesten Erscheinungen von Dyspnoe auf, die denselben Verlauf nehmen, wie bei dem vorigen Versuche. Tod des Thieres 11 Uhr 6 Minuten. Dauer des Versuches also ¼ Minuten; während dieser Zeit wurden 11500 C. Centimeter Wasserstoffgas verbraucht.

Versuch III. Kleines schwarzes, kränklich aussehendes Kaninchen. Brust- und Bauchhöhle geöffnet. Beginn des

Digitized by Google

Versuches 11 Uhr 24 Minuten. Die heftigsten Erscheinungen sind 11 Uhr 25 Minuten, also nach einer Minute, schon vorüber. Der Versuch wurde hier unterbrochen und das Thier durch Lufteinblasen wieder in den normalen Zustand zurückgebracht. 11 Uhr 34 Minuten wurde der Versuch wieder aufgenommen, 11 Uhr 35 Minuten die lebhafteste Dyspnoe; 11 Uhr 36½ Minuten Tod des Thieres. Dauer des Versuches also 2½ Minuten. Während dieses Versuches wurden 9000 C.-Centimeter Gas verbraucht.

Versuch IV. Mittelgrosses, weisses Kaninchen; Brust- und Bauchhöhle geöffnet. Nach der Operation 53 Athmungen in der Minute. Der Versuch begann 3 Uhr 33 Minuten; während desselben trat wie gewöhnlich Dyspnoe auf, die auch auf die gewöhnliche Weise verlief. 3 Uhr 35 Minuten erfolgte keine Reaction mehr von Seiten des Thieres. Angestellte Wiederbelebungsversuche waren vergeblich. Die Dauer des Versuches war also 2 Minuten. Während dieser Zeit wurden 10500 C.-Centimeter Gas verbraucht.

Versuch V. Kleines, graues Kaninchen; Brust- und Bauchhöhle geöffnet. Der Versuch begann um 3 Uhr 47 Minuten. Nach kurzer Zeit schon stellte sich Dyspnoe ein. Der Tod erfolgte um 3 Uhr 49½ Minuten. Wiederbelebungsversuche waren vergeblich. Dauer des Versuches also 2½ Min. Während dieser Zeit sind 8500 C.-Centimeter Gas verbraucht worden.

Bei den folgenden Versuchen benutzte ich Wasserstoffgas, welches durch Zersetzung des Wassers durch Zink und Schwefelsäure hergestellt war. Dass bei der Bereitung desselben alle Vorsichtsmassregeln genommen wurden, um es möglichst rein zu erhalten, brauche ich wohl kaum zu erwähnen.

Versuch VI. Mittelgrosses, graues Kaninchen; Brust- und Bauchhöhle geöffnet; das Thier athmet nach der Operation 38mal in der Minute. Die künstliche Respiration mit Wasserstoff beginnt 11 Uhr 21 Minuten; nach kurzer Zeit beginnt eine heftige Dyspnoe, die diesmal bedeutend länger anhielt, als in den vorherigen Versuchen. 11 Uhr 24½ Minuten Tod des Thieres. Der Versuch hat also gedauert 3½ Minuten. Während dieser Zeit wurden 14500 C.-Centimeter Gas verbraucht.

Digitized by Google

Versuch VII. Mittelgrosses, graues Kaninchen; Brust- und Bauchhöhle geöffnet. Das Thier athmete nach der Operation 47mal in der Minute. Die künstliche Respiration begann 3 Uhr 15 Minuten. Sehr bald stellte sich Dyspnoe ein, verbunden mit heftigen allgemeinen Krämpfen, die diesmal sehr lange anhielten. Der Tod des Thieres erfolgte 3 Uhr 20½ Minuten. Wiederbelebungsversuche vergeblich. Der Verbrauch des Gases belief sich auf 15000 C.-Centimeter. Dauer des Versuches 5½ Minuten.

Versuch VIII. Grosses, graues Kaninchen; Brust- und Bauchhöhle geöffnet. Der Versuch begann 3 Uhr 39 Minuten, Dyspnoe und Krämpfe wie bei den vorigen Versuchen. Der Tod erfolgte um 3 Uhr 43 Minuten. Dauer des Versuches also 4 Minuten. Verbrauch von Gas 13000 C.-Centimeter.

Versuch IX. Mittelgrosses, schwarzes Kaninchen; 54 Athemzüge nach der Operation in der Minute. Brust- und Bauchhöhle geöffnet. Die künstliche Respiration mit Wasserstoffgas begann 4 Uhr 38½ Minuten; heftige Dyspnoe mit allgemeinen Krämpfen. Tod des Thieres erfolgte 4 Uhr 43½ Minuten. Dauer des Versuches also 5 Minuten. Bei diesem Versuche wurden 15000 C.-Centimeter Wasserstoff verbraucht.

Versuch X. Grosses, graues Kaninchen. Nach der Operation 49 Athemzüge in der Minute. Die Lungen waren bloss gelegt. Der eigentliche Versuch begann um 3 Uhr 34½ Min. Nach einer halben Minute traten die heftigsten dyspnoetischen Erscheinungen auf, die 2 Minuten hindurch mit derselben Heftigkeit fortdauerten, von da ab allmählig schwächer wurden bis zum Tode des Thieres, 4 Uhr 38½ Minuten. Dauer des Versuches 4 Minuten. Verbrauch von Wasserstoff 15500 C.-C.

Bei allen diesen Versuchen also treten die heftigsten Erscheinungen von Dyspnoe auf, d. h. einerseits sind die Contractionen der eigentlichen Athemmuskeln viel stärker, als sie es unter normalen Verhältnissen zu sein pflegen, andererseits nehmen die accessorischen Athemmuskeln an der Thätigkeit der ersteren Theil, wodurch eine grössere Tiefe jedes einzelnen Athemzuges erzielt wird; die Zahl der Athemzüge scheint jedoch selbst auf der Höhe der Dyspnoe durchaus nicht vermehrt zu sein, sinkt aber gegen das Ende des Versuchs immer bedeutend.

Digitized by Google

Bei diesen Versuchen wird die Kohlensäure wahrscheinlich ebenso leicht, wo nicht besser, als durch die gewöhnliche Respiration, aus dem Blute geschafft. Die veränderte Tiefe also der einzelnen Athemzüge und somit die Veränderung der Athemgrösse kann daher auch nur ihre Ursache haben in der einzigen Veränderung, welche das Blut bei diesen Versuchen erleidet, nämlich in dem gesunkenen Sauerstoffgehalte desselben. Der Sauerstoffmangel muss also jedenfalls einen Reiz auf das Centralorgan der Athemmuskeln ausüben; denn, wenn mit der Steigerung des Sauerstoffmangels die Thätigkeit der Athemmuskeln wächst, die erhöhte Thätigkeit der Athemmuskeln aber eine erhöhte Thätigkeit des Centralorgans derselben voraussetzt und diese schliesslich nur dann stattfinden kann, wenn ein grösserer Reiz auf dasselbe ausgeübt wird, so müssen wir nothwendig schliessen, dass durch die Steigerung des Sauerstoffmangels ein grösserer Reiz auf die medulla oblongata ausgeübt werde, als gewöhnlich. Wenn aber durch das Steigen des Sauerstoffmangels eine Verstärkung des Reizes bedingt ist, so muss doch nothwendig der Mangel des Sauerstoffs einen Reiz auf das verlängerte Mark ausüben.

Wir können die zehn Versuche, welche ich vorher angeführt habe, in zwei Hälften theilen; bei der zweiten Hälfte finden wir durchgehends eine längere Dauer der Versuche; hier hatte ich, wie ich früher auch schon erwähnt habe, zu den Versuchen Wasserstoffgas genommen, welches durch Zersetzung des Wassers vermittelst Zink und Schwefelsäure gewonnen war; es scheinen sich Spuren von Sauerstoff in diesem Gase befunden zu haben, die hinreichend waren, um das Leben für diese längere Zeit zu fristen. Ich will die fünf ersten Versuche hier nochmals zusammenstellen:

Ordnungsnummer.	Dauer des Versuchs.	Volumen des verbrauchten Gases in C.-Cm.
Versuch I.	2 Min.	13000
„ II.	$\frac{3}{4}$ „	11500
„ III.	$2\frac{1}{4}$ „	9000
„ IV.	2 „	10500
„ V.	$2_{\frac{1}{12}}$ „	8500
im Ganzen	$10_{\frac{1}{12}}$ Min.	52500
im Durchschnitt	$2_{\frac{1}{60}}$ „	10500

Digitized by Google

Da wir bei der grossen Menge Gas, welche in der kurzen Zeit durch die Lunge gegangen ist, keine Vermehrung der Kohlensäure im Blute annehmen können, so müssen wir nothwendig schliessen, dass das Thier durch Sauerstoffmangel zu Grunde gegangen sei, dass also der disponible Sauerstoff nur für diese kurze Zeit zur Fristung des Lebens ausreichend sei.

Es scheint mir hier der Ort dafür zu sein, eine Frage aufzunehmen, die zwar schon vielfach erörtert und zum Theil auch schon erledigt ist, deren Wichtigkeit aber die Wiederaufnahme derselben entschuldigt. Ich meine nämlich die Frage, ob ein Thier bei gehinderter Respiration an dem Sauerstoffmangel oder durch die giftige Einwirkung der Kohlensäure zu Grunde gehe. Ich stellte zu diesem Zwecke bei verschiedenen Thieren einen beiderseitigen Pneumothorax her und fand, dass im Mittel der Tod 2½ Minuten nach Eröffnung der Brusthöhle eintrat. Bei einem Versuche aber, bei welchem ich dem Thiere eine Luft zuführte, die 75 volum. Procent Kohlensäure und 25 vol. pCt. Sauerstoff enthielt, trat der Tod erst nach 31 Minuten ein, obgleich hier nicht nur keine Kohlensäure aus dem Blute in die Lungenluft, sondern aus der eingeathmeten Luft umgekehrt in das Blut übergehen musste. Die kleine Menge der in 2½ Minuten erzeugten Kohlensäure steht jedenfalls in keinem Verhältniss zu der grossen Menge, welche sich hier im Blute und vielleicht in dem Organparenchym anhäufte, und den Tod des Thieres hervorrief. Wir werden die Frage also dahin entscheiden müssen, dass das Aufhören des Lebens durch den Sauerstoffmangel bedingt ist.

Wenn wir auch durch die, auf die oben beschriebene Weise ausgeführten Versuche mit Sicherheit bestimmen konnten, dass der Sauerstoffmangel einen Reiz auf das Centralorgan der Athemmuskeln ausübe, so lässt sich doch auf diese Weise nicht bestimmen, in welchem Verhältnisse bei dem Zunehmen oder Sinken des Sauerstoffgehaltes des Blutes die Thätigkeit der Respirationsorgane zu- oder abnimmt. Die Arbeit jedes einzelnen Athemmuskels in den betreffenden Fällen zu messen, ist schwierig und kaum ausführbar, liefert auch ausserdem jedenfalls keine ganz sicheren Resultate; dagegen können wir durch Vergleichung der gewöhnlichen Athemgrösse und Frequenz mit

Digitized by Google

derjenigen, welche wir durch bestimmte Veränderungen in dem Zustande des Thieres hervorrufen, mit der grössten Bestimmtheit auf die vergrösserte resp. verminderte Thätigkeit der Athmungsorgane, und wenn die Leistungsfähigkeit der Organe dieselbe geblieben ist, wie früher, auf den vergrösserten, resp. verminderten Reiz schliessen.

Ich benutzte zu diesem Zwecke den Apparat, dessen sich Rosenthal bei seinen Untersuchungen über die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum nervus vagus bediente; nur musste derselbe zu meinem Zwecke noch etwas modificirt werden. Rosenthal band in die Trachea unterhalb des Kehlkopfes eine Canüle ein, die nach Art der Trousseau'schen construirt war, damit sie von Zeit zu Zeit gereinigt werden könne. Sie stand durch einen kurzen Caoutchoukschlauch mit einem conisch zulaufenden Zapfen in Verbindung, der luftdicht in das Hauptstück eines sich gabelig theilenden Rohres eingeschliffen war. Jeder Schenkel dieses Rohres stand mit einem Ventile in Verbindung, die so eingerichtet waren, dass die Luft durch das eine nur eintreten, durch das andere nur herausgehen konnte. Als Ventile benutzte er die schon von W. Müller nach Art der Spritzflaschen construirten; nur wandte er als Sperrflüssigkeit statt Quecksilber Wasser an, um den Widerstand möglichst zu verringern. Er nahm kleine cylindrische Gläser, die durch einen doppelt durchbohrten Stopfen aus Caoutchouc geschlossen wurden. Durch diese Stopfen gingen je zwei oben in einem rechten Winkel gebogene Glasröhren. Die eine dieser Röhren endete dicht unter dem Stopfen, die andere ging tiefer herunter, so dass sie noch etwa fünf Millimeter unter die Sperrflüssigkeit tauchte. Es wurde nun das unter dem Niveau der Sperrflüssigkeit endende Glasröhrchen des einen Ventils und das kurz unter dem Stopfen endigende des anderen mit je einem Schenkel des gabeligen Rohres verbunden. Die Exspirationsluft musste nun durch das erste Ventil entweichen, während die Inspirationsluft durch das letztere eintrat. Wurde nun das lange Rohr des zweiten Ventils mit dem Spirometer in Verbindung gesetzt, so sank die Glocke desselben fortwährend und man konnte die Athemgrösse bestimmen, wenn man den Stand der Glocke am Anfang und Ende eines bestimmten Zeitraumes ablas. Diese

Digitized by Google

Methode reichte vollkommen aus für seine Versuche, bei welchen er nur die Athemgrösse für einen verhältnissmässig längeren Zeitraum bestimmen wollte. Muss man aber das Volumen der in kleineren Zeiträumen ausgeathmeten Luft messen, so lässt sich dies an der Scala eines Spirometers nicht ablesen, da ja einestheils die Glocke eines Spirometers von ziemlich beträchtlicher Weite sein muss, um ein für eine längere Versuchszeit ausreichendes Gasvolumen fassen zu können, anderentheils das Volumen der in kleineren Zeiträumen verbrauchten Athmungsluft unserer gewöhnlichen Versuchsthiere im Verhältniss sehr klein genannt werden muss. Ich mass daher das Volumen der Exspirationsluft und zwar auf folgende Weise: Ich nahm zwei Glascylinder von ungefähr 3 Fuss Länge, die nur an einer Seite offen waren. Auf dieselben war eine Scala eingeätzt, die den Inhalt derselben von fünf zu fünf C.-Centimetern angab; der Abstand der einzelnen Theilstriche betrug 4 Millimeter, so dass man also mit blossem Auge den Stand einer in der Röhre befindlichen Flüssigkeit genau ablesen konnte. Das kurze Rohr des Exspirationsventils wurde mit einem Schlauch in Verbindung gesetzt, in den der eine Schenkel eines V-förmig gekrümmten Glasrohres hineingesteckt war. Auf den andern Schenkel dieses Rohres wurde ein kurzes Stück Caoutschoucschlauch aufgesetzt, welches oben verschlossen und dessen Wandung durch einen scharfen Schnitt getrennt war, ein Ventil also, wie wir es schon mehrmals erwähnt haben. Dieses Ventil wurde in eine der Messröhren, welche mit Wasser gefüllt und umgekehrt in einen grösseren Behälter mit Wasser gebracht worden war, so weit hineingesteckt, dass es in gleicher Höhe mit dem Niveau der absperrenden Flüssigkeit stand. So lange der Druck von innen und aussen auf das Ventil ein gleicher war, blieb dieses in Ruhe; sobald aber durch das Exspirationsventil Luft in den Schlauch gepresst wurde, überwand der innere Druck den äusseren, das Ventil öffnete sich und liess so viel Luft heraus, bis der äussere Druck dem inneren wieder gleich war, d. h. bis dass die durch eine Exspiration hinzugekommene Luftmenge durch das Ventil in die Röhre gelangt war, in deren oberen Theile sie sich dann ansammelte; man konnte hier das Volumen der hinzugekommenen Luftmenge

Digitized by Google

ablesen. Da aber die einzelnen Athemzüge zu schnell aufeinander folgten, als dass ihre Grösse mit der bestimmten Sicherheit hätte abgelesen werden können, liess ich mir immer das Volumen der in 15 Secunden ausgeathmeten Luft angeben und zugleich von einem anderen Gehülfen die Zahl der Athemzüge für dieselbe Zeitdauer. Dieselbe war sehr leicht zu bestimmen, da zwischen dem Aufsteigen der, durch die einzelnen Exspirationen, in die Messröhre beförderten Luftmengen immer ein mehr oder weniger grosser Zeitraum lag. Die ganze Vorrichtung ist auf Tafel II. dargestellt. Einen Fehler jedoch, könnte man glauben, habe dieser Apparat. Da bei diesem Versuche kleine Gasmengen unter kleinerem Druck als grosse stehen, so werde ich das Volumen der durch die ersten Exspirationsstösse hervorgetriebenen Gasmengen, im Verhältniss zu den in dem unteren Theile der Röhre sich ansammelnden, zu gross finden. Da aber die Röhren nicht ganz 3 Fuss hoch sind, so wird die Verringerung des Druckes nicht ganz $\frac{1}{10}$ Atmosphärendruck betragen, wodurch nur eine sehr geringe Vergrösserung des wirklichen Volumens bedingt ist. Der Fehler aber, wenn wir es einen Fehler nennen wollen, wird vollständig compensirt. Da ich nämlich die Thiere immer erst eine Zeitlang atmosphärische Luft athmen liess, dann erst die Gasarten, deren Einwirkung auf die Athembewegungen ich beobachten wollte, der Fehler aber bei den beiden Versuchen gleichmässig einwirkte, die Resultate also auch gleichmässig veränderte, so musste natürlich bei der Vergleichung der Resultate, dasselbe Verhältniss herauskommen, als wenn der Fehler überhaupt gar nicht eingewirkt hätte.

Ich untersuchte zuerst den Einfluss, welchen der Sauerstoffmangel auf die Tiefe und Zahl der Athemzüge hervorbringt. Zu diesem Zwecke liess ich die Thiere zuerst atmosphärische Luft und darauf Wasserstoff aus dem Spirometer in die Messröhren athmen.

Digitized by Google

Versuch I.

Mittelgrosses schwarzes Kaninchen. Die Bauchhöhle bleibt bei diesem, wie auch bei allen folgenden Versuchen geschlossen.

a. Athmung von atmosph. Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	100	15	6,67
2. „	100	15	7,33
3. „	110	16	6,87
4. „	135	17	7,94
1. Min.	455	63	7,22
1. Viert.	145	17	8,52
2. „	100	16	6,25
3. „	125	16	7,81
4. „	100	16	6,25
2. Min.	470	65	7,23
1. Viert.	110	17	6,47
2. „	95	15	6,33
3. „	120	18	6,67
4. „	95	17	5,59
3. Min.	420	67	6,29
1 Viert.	110	17	6,47
2. „	110	16	6,87
3. „	100	16	6,25
4. „	80	14	5,72
4. Min.	400	63	6,35
1. Viert.	115	17	6,77
2. „	85	16	5,31
3. „	70	15	4,67
4. „	105	19	5,53
5. Min.	375	67	5,86
1. Viert.	100	16	6,25
2. „	105	16	6,56
3. „	115	15	7,67
4. „	100	17	5,88
6. Min.	420	64	6,56
1. Viert.	100	16	6,25
2. „	105	16	6,56
3. „	95	15	6,33
4. „	100	18	5,55
7. Min.	400	65	6,15
im Ganzen	2940	454	
Durchschn.	105	16,21	6,48

b. Athmung von Wasserstoff, durch Zersetzung des Wassers durch Zink und Schwefelsäure dargestellt.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	110	20	5,5
2. „	180	17	10,59
3. „	210	16	13,15
4. „	175	16	10,94
1. Min.	675	69	9,78
1. Viert.	200	18	11,11
2. „	175	16	10,94
3. „	125	11	11,36
4. „	95	9	10,55
2. Min.	595	54	11,02
1. Viert.	65	6	10,83
2. „	50	4	12,5
3. „	45	4	11,25
4. „	35	3	11,67
3. Min.	195	17	11,47
1. Viert.	30	2	15
2. „	15	3	5
3. „	15	3	5

3¼ Min. Tod des Thieres.

Versuch II.

Mittelgr. schwarzes Kaninchen.

a. Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	105	13	8,08
2. „	100	11	9,09
3. „	135	13	10,38
4. „	135	13	10,38
1. Min.	475	50	9,5
1. Viert.	125	12	10,92
2. „	105	11	9,55
3. „	120	12	10
4. „	100	11	9,09
2. Min.	450	46	9,78
1. Viert.	125	12	10,42
im Ganzen	1050	108	
Durchschn.	116,66	12	9,72

Digitized by Google

b. Athmungen von electrolytischem Wasserstoffgas.

Dies Thier hat zuvor eine Zeit lang geruht.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115	15	7,67
2. „	185	13	14,23
3. „	215	15	14,33
4. „	115	9	12,78
1. Min.	630	52	12,11
1. Viert.	50	4	12,5
2. „	65	5	13
3. „	40	3	13,33
4. „	0	0	0
2. Min.	155	12	12,92
1. Viert.	35	4	8,75
2. „	10	3	3,33

Tod des Thieres.

Versuch III.

Grosses graues Kaninchen.

a. Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	100	17	5,88
2. „	115	15	7,67
3. „	135	16	8,44
4. „	125	18	6,72
1. Min.	475	66	7,19
1. Viert.	135	16	8,44
2 „	115	15	7,67
3. „	125	15	8,33
4. „	110	15	7,33
2. Min.	485	61	7,95
im Ganzen	960	127	
Durchschn.	120	15,87	7,63

b. Wasserstoffgas.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	175	16	10,64
2. „	175	15	11,67
3. „	180	11	16,36
4. „	45	3	15
1. Min.	575	45	12,77
1. Viert.	25	2	12,5
2. „	15	2	7,5
3. „	15	2	7,5
4. „	35	4	8,75
2. Min.	90	10	9
1. Viert.	20	3	6,67

Tod des Thieres.

Versuch IV.

Mittelgrosses schwarzes Kaninchen.

a. Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	90	10	9
2. „	105	12	8,75
3. „	100	10	10
4. „	105	11	9,54
1. Min.	400	43	9,3
1. Viert.	100	11	9,09
2. „	105	11	9,54
3. „	100	11	9,09
4. „	105	11	9,54
2. Min.	410	44	9,32
1. Viert.	110	12	9,16
2. „	95	11	8,64
im Ganzen	1015	110	
Durchschn.	101,5	11	9,23

Digitized by Google

b. Wasserstoffgas.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115	11	10,45
2. „	225	13	17,31
3. „	175	12	14,58
4. „	80	6	13,33
1. Min.	595	42	14,17
1. Viert.	45	4	11,25
2. „	15	1	15
3. „	10	1	10
4. „	25	2	12,5
2. Min.	95	8	11,87
1. Viert.	20	3	6,67

Tod des Thieres.

b. Wasserstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	120	13	9,23
2. „	155	13	11,72
3. „	30	4	7,5
4. „	140	10	14
1. Min.	445	40	11,12
1. Viert.	20	1	20
2. „	0	0	0
3. „	0	0	0
4. „	15	2	7,5
2. Min.	35	3	11,66
1. Viert.	55	5	11

Tod des Thieres.

Versuch V.

Ziemlich grosses weisses Kaninchen.

a. Athmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1 Viert.	100	13	7,69
2. „	100	13	7,69
3. „	105	13	8,07
4. „	105	13	8,85
1. Min.	420	52	8,08
1. Viert.	105	12	8,75
2. „	100	12	8,33
3. „	105	11	9,54
4. „	95	11	8,64
2. Min.	405	46	8,08
1. Viert.	100	11	9,09
2. „	95	11	8,63
im Ganzen	1060	120	
Durchschn.	106	12	8,83

Versuch VI.

Mittelgrosses weisses Kaninchen.

a. Athmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	95	15	6,83
2. „	120	17	7,06
3. „	120	17	7,06
4. „	100	15	6,67
1. Min.	435	64	6,79
1. Viert.	115	15	7,67
2. „	105	15	7
3. „	100	15	6,67
4. „	105	15	7
2. Min.	425	60	7,8
1. Viert.	100	15	6,67
2. „	105	15	7
im Ganzen	1060	154	
Durchschn.	106	15,4	6,88

Digitized by Google

b. Stickstoff.

Derselbe ist dargestellt durch Ueberleiten von atmosphärischer Luft, die vorher von Kohlensäure und Wasserdämpfen befreit worden, über glühende Kupferdrehspäne. Derselbe war vollständig frei von Sauerstoff, da eine eingeführte Lösung von Pyrogallussäure und Kali alkalisch reagirend, weder ihre helle, durchsichtige Farbe veränderte, noch auch das Gasvolumen verkleinerte. Ausserdem ging auch schon aus dem Erfolge, den dieses Gas auf den Zustand des Thieres hatte, hervor, dass es gänzlich frei von allem Sauerstoff sein müsse.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	95	11	8,64
2. „	190	12	15,83
3 „	65	4	16,25
4. „	45	3	15
1. Min.	395	30	13,17
1. Viert.	60	4	15
2. „	0	0	0
3. „	30	3	10
4. „	25	3	8,33
2. Min.	115	10	11,5

Tod des Thieres.

Versuch VII.

Kleines Kaninchen.

a. Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	60	8	7,5
2. „	55	8	6,87
3. „	50	8	6,25
4. „	55	8	6,87
1. Min.	220	32	6,87
1. Viert.	55	8	6,87
2. „	45	9	5
3 „	45	9	5
4. „	50	8	6,25
2. Min.	195	34	5,74
1. Viert.	50	8	6,25
2. „	50	8	6,25
3. „	40	8	5
im Ganzen	555	90	
Durchschn	50,45	8,18	6,17

b. Stickstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	45	8	5,62
2. „	110	12	9,17
3. „	120	12	10
4. „	40	3	13,33
1. Min.	315	35	9
1. Viert.	0	0	0
2. „	0	0	0
3. „	0	0	0
4. „	30	4	7,5
2. Min.	30	4	7,5

Tod des Thieres.

Digitized by Google

Versuch VIII.

Mittelgrosses Kaninchen.

a. Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	95	16	5,93
2. „	130	16	8,2
3. „	120	13	9,23
4. „	130	13	10
1. Min.	485	58	8,36
1. Viert.	110	12	9,17
2. „	105	12	8,75
3. „	110	12	9,17
4. „	105	13	8,84
2. Min.	440	49	9,36
im Ganzen	925	107	
Durchschn.	115,62	13,12	8,81

b. Stickstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	125	16	7,81
2. „	225	16	14,06
3. „	135	10	13,5
4. „	20	2	10
1. Min.	205	44	11,48
1. Viert.	95	5	19
2. „	35	3	11,67
3. „	40	3	13,33
4. „	10	1	10
2. Min.	180	12	15
1 Viert.	10	1	10

Tod des Thieres.

Versuch IX.

Mittelgrosses weisses Kaninchen.

a. Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	80	15	5,33
2. „	130	12	10,83
3. „	115	12	9,58
4. „	105	12	8,75
1. Min.	430	51	8,43
1. Viert.	105	12	8,75
2. „	100	11	9,09
2. „	105	12	8,75
4. „	105	12	8,33
2. Min.	410	47	8,72
im Ganzen	840	98	
Durchschn.	105	12,25	8,57

b. Stickstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	100	16	6,25
2. „	205	18	11,39
3. „	135	13	10,38
4. „	125	7	17,86
1. Min.	505	54	10,96
1. Viert.	40	2	20
2. „	80	4	20
3. „	75	4	18,75
4. „	45	2	22,5
2. Min.	240	12	20
1. Viert.	30	2	15

Tod des Thieres.

Ich stelle die Resultate der angeführten neun Versuche hier zusammen:

Digitized by Google

a. Atmosphärische Luft.

Ordnungs-Nummer.	Athemgrösse f. 15 Sec.	Zahl der Athemzüge in 15 Sec.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
Vers. I.	105	16,21	6,48
„ II.	116,66	12	9,72
„ III.	120	15,87	7,63
„ IV.	101,5	11	9,23
„ V.	106	12	8,83
„ VI.	106	15,4	6,88
„ VII.	50,45	8,18	6,17
„ VIII.	115,62	13,12	8,81
„ IX.	105	12,25	8,57
im Ganzen	921,73	116,03	72,32
Durchschn.	102,41	12,89	8,04

b. Wasserstoff und Stickstoff.

Ordnungs-Nummer.	Athemgrösse f. 15 Sec.	Zahl der Athemzüge. in 15 Sec.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
Vers. I.	210	16	13,15
„ II.	215	15	14,33
„ III.	180	11	16,36
„ IV.	225	13	17,31
„ V.	155	13	11,92
„ VI.	190	12	15,83
„ VII.	120	12	10
„ VIII.	225	16	14,06
„ IX.	205	18	11,39
im Ganzen	1725	126	124,35
Durchschn.	191,67	14	13,82

Es verhält sich also die Athemgrösse bei der Athmung von athmosphärischer Luft zu der Athemgrösse, welche sie bei Abschneidung der Sauerstoffzufuhr ergiebt, wie 102,41 zu 191,67, d. i. wie 1 zu 1,872; die Zahl der Athemzüge wie 12,89 : 14, d. i. wie 1 : 1,086; die Tiefe der Athemzüge wie 8,04 : 13,82, d. i. wie 1 : 1,719.

Die Vermehrung der Athemgrösse, welche durch den Sauerstoffmangel bedingt ist, wird nicht so sehr durch die Vermehrung der Zahl der Athemzüge, als durch die grössere Tiefe jedes einzelnen Athemzuges hervorgebracht. Die Athembewegungen hängen in Bezug auf ihre Grösse und Frequenz offenbar ab 1) von der Grösse des Reizes, 2) von der Leistungsfähigkeit der Athmungsorgane; sie sind das Product dieser beiden Factoren. Bei allen unsern Versuchen, die bis jetzt angeführt worden, war der Reiz so hoch gesteigert, als er es durch Mangel an Sauerstoff werden konnte; der zweite Factor dagegen, die Leistungsfähigkeit der Organe, musste mit dem Wachsen des ersteren entsprechend kleiner werden. Es fragt sich nun zunächst, welches Resultat sich ergeben wird, wenn dem Thiere eine Luft zugeführt wird, die zwar Sauerstoff, aber nicht in so grosser Menge, wie die athmosphärische Luft enthält, so dass also das Reizmittel abnehmen muss im Verhältniss zu den früheren Versuchen, während die Reizbarkeit und ausser dieser die Leistungsfähigkeit der Organe verhältnissmässig weniger beeinträchtigt wird. Ich stellte eine solche Luft dar, indem ich atmosphärische Luft in mehreren Verhältnissen mit

Digitized by Google

reinem Stickstoff, welcher auf die oben beschriebene Weise gewonnen war, mischte. Ich machte diese Mischungen in einem Zimmer, welches während der Dauer dieser Versuche auf derselben Temperatur erhalten wurde. Ich nahm einen Gasometer, in dem sich ein bestimmtes Quantum atmosphärischer Luft über der Sperrflüssigkeit befand. Der Hahn, durch welchen das Gas ausströmt, war geschlossen. Der Trichter, durch welchen die Sperrflüssigkeit in den Gasometer hineingegossen wird, war bis zu einem gewissen Punkte mit Wasser gefüllt; der Hahn, der für gewöhnlich den Trichter von dem Gasometer abschliesst, war geöffnet. Das Luftquantum in dem Gasometer stand also unter dem Drucke einer Atmosphäre und dem, welchen die in dem Trichter befindliche Wassersäule ausübte. Ich markirte nun den Stand des Niveaus der Sperrflüssigkeit sowohl, als der Flüssigkeit in dem Trichter. Hierauf füllte ich die Luft in das Spirometer über. Leicht war es nun, eine dem ersteren Luftquantum an Volumen gleiche Menge von Luft oder Stickstoff, je nachdem es nöthig war, in den Gasometer zu bringen, welcher mit dem ersteren unter gleichem Drucke stand und auch von wenigstens nahezu gleicher Temperatur war. Ich führe hier die Versuche an, welche ich mit den verschiedenen gemischten Luftarten anstellte.

Versuch I.

Grosses graues Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.	
1. Viert.	100	16	6,25	
2. „	125	15	8,33	
3. „	120	14	8,57	
4. „	120	13	9,23	
1. Min.	465	58		8,02
1. Viert.	110	14	7,86	
2. „	110	13	8,46	
3. „	100	14	7,16	
4. „	105	12	8,75	
2. Min.	425	53		8,02
im Ganzen	890	111		
Durchschn.	111,25	13,87		8,02

b) 75 Vol. pCt. atmosph. Luft. 25 „ „ Stickstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.	
1. Viert.	80	13	6,15	
2. „	135	13	10,38	
3. „	150	13	11,54	
4. „	140	13	10,77	
1. Min.	505	52		9,71
1. Viert.	143	13	11,15	
2. „	130	13	10	
3. „	130	13	10	
4. „	140	13	10,77	
2. Min.	545	52		10,48
im Ganzen	1050	104		
Durchschn.	131,25	13		10,09

Digitized by Google

Verhältniss bei der Athmung:

a) in athmosph. Luft. b) in 75 pCt. atmosph. Luft u. 25 „ Stickstoff.

1) Athemgrösse = 111,25 : 131,25
d. i. 1 : 1,17
2) der Athemfrequenz = 13,87 : 13
d. i. 1 : 0,938
3) d. Tiefe d. Athemzüge = 8,02 : 10,09
d. i. 1 : 1,258

Versuch II.

Dasselbe Kaninchen.

c) 50 Vol. pCt. atmosphärische Luft.
50 „ „ Stickstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	90	14	6,43
2. „	185	15	12,33
3. „	190	16	12,67
4. „	195	14	13,93
1. Min.	660	58	11,38
1. Viert.	175	14	12,5
2. „	165	15	11
3. „	170	15	11,33
3¼ Min.	510	44	12,44
im Ganzen	1170	102	
Durchschn.	167,14	14,57	11,47

Verhältniss bei der Athmung:

a) in atmosph. Luft. b) in 50 pCt. atmosph. Luft u. 25 „ Stickstoff.

1) Athemgrösse = 111,25 : 167,14
d. i. 1 : 1,502
2) Zahl d. Athemzüge = 13,87 : 14,57
d. i. 1 : 1,051
3) d. Tiefe d. „ = 8,02 : 11,47
d. i. 1 : 1,43

Der Unterschied der Athemgrösse ist bei diesem letzten Versuche, wo dem Thiere nur die Hälfte des gewöhnlichen

Digitized by Google

Sauerstoffs in der Athmungsluft zugeführt worden, schon viel bedeutender geworden, als bei dem vorhergehenden Versuche, wo die Athmungsluft drei Viertel der gewöhnlichen Sauerstoffmenge enthielt, ist dagegen noch nicht so gross, wie bei den Versuchen, wo dem Thiere aller Sauerstoff entzogen wird.

Versuch III.

Grosses schwarzes Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.				b) 25 Vol. pCt. atmosph. Luft. 75 „ „ Stickstoff.			
Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.	Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	100	15	6,67	1. Viert.	100	15	6,67
2. „	135	14	9,64	2. „	195	14	13,95
3. „	135	14	9,64	3. „	205	15	13,67
4. „	110	13	8,46	4. „	195	16	12,59
1. Min.	480	56	8,57	1. Min.	695	60	11,58
1. Viert.	125	13	9,61	1. Viert.	175	15	11,67
2. „	120	14	8,57	2. „	150	14	10,71
3. „	115	13	8,84	3. „	150	13	11,54
4. „	110	12	9,17	4. „	130	12	10,83
2. Min.	470	52	9,04	2. Min.	605	54	11,2
im Ganzen	950	108		im Ganzen	1300	114	
Durchschn.	118,75	15,5	8,79	Durchschn.	162,5	14,25	11,4

Verhältniss bei der Athmung.

a) in atmosph. Luft. b) in 25 pCt. atmosph. Luft u. 75 „ Stickstoff.

1) Athemgrösse = 118,75 : 162,5
   d. i. 1 : 1,368
2) Zahl d. Athemzüge = 13,5 : 14,25
   d. i. 1 : 1,056
3) d. Grösse d. „ = 8,79 : 11,4
   d. i. 1 : 1,297

Dass bei diesem Versuche das Verhältniss der Athemgrössen sich etwas kleiner herausgestellt, als beim vorangehenden, obgleich dem Thiere eine an Sauerstoff viel ärmere Luft zugeführt worden ist, kann uns nicht Wunder nehmen, da ja eben

Digitized by Google

durch die Armuth der Athmungsluft an Sauerstoff das Centralorgan sowohl als die übrigen Respirationsorgane in ihrer Ernährung beeinträchtigt und in Folge dessen ihre Reizbarkeit sowohl als ihre Leistungsfähigkeit allmälig herabgesetzt werden musste, wie wir schon aus der successiven Abnahme der Athemgrössen gegen das Ende des Versuches zu wahrnehmen können. In der dritten Quart der ersten Minute dagegen, wo neben dem schon auftretenden Sauerstoffmangel die Ernährung noch nicht zu bedeutend gesunken war, ist die Athemgrösse eine so enorme, wie wir sie bei den vorhergehenden Versuchen kaum gesehen haben. In allen Fällen, wo wir dem Thiere eine Luft zuführen, die in ihrem Sauerstoffgehalte wesentlich von der atmosphärischen Luft verschieden ist, nimmt die Athemgrösse beinahe proportional der Sauerstoffabnahme zu. Es liegt nun die Frage sehr nahe, in welcher Weise eine Vermehrung des Sauerstoffs in der Athmungsluft auf die Respiration einwirke.

Die Untersuchungen von Regnault, welche gezeigt haben, dass im reinen Sauerstoff nicht wesentlich mehr von diesem Gase aufgenommen wird, als in atmosphärischer Luft, lassen schon gleich auf eine jedenfalls nicht sehr bedeutende Veränderung der Athemgrösse schliessen, besonders wenn wir bedenken, dass es zur Fortschaffung der Kohlensäure aus dem Blute, deren Menge doch in diesem Falle sicher nicht abnimmt, nicht so sehr auf die Zusammensetzung der Athmungsluft (so lange sich keine Kohlensäure in derselben befindet), als auf deren Volumen ankommt. Da wir also nur kleine Veränderungen erwarten, wenn überhaupt Veränderungen eintreten, so müssen wir dies aus einer grösseren Zahl von längeren Versuchen abzuleiten versuchen, um nicht etwa zufälligen Täuschungen anheim zu fallen. Ich benutzte zu diesen Versuchen, welche ich jetzt folgen lassen will, wiederum die früher beschriebene Vorrichtung.

Digitized by Google

Versuch I.

Weisses Kaninchen von mittlerer Grösse.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	100	14	7,16
2. „	130	13	10
3. „	120	12	10
4. „	130	13	10
1. Min.	480	52	9,27
1. Viert.	120	12	10
2. „	125	13	9,61
3. „	105	12	8,75
4. „	120	12	10
2. Min.	470	49	9,54
im Ganzen	950	101	
Durchschn.	118,73	12,64	9,4

b) Sauerstoff.

Durch Glühen von chlorsaurem Kali dargestellt.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	120	14	8,57
2. „	125	14	8,93
3. „	145	14	10,36
4. „	135	13	10,38
1. Min.	525	55	9,54
1. Viert.	115	13	8,85
2. „	120	12	10
3. „	115	12	9,58
4. „	110	12	9,17
2. Min.	460	49	9,39
1. Viert.	105	12	8,75
2. „	100	12	8,33
3. „	115	12	9,58
4. „	90	13	6,92
3. Min.	410	49	8,37
1. Viert.	120	12	10
2. „	115	12	9,58
3. „	110	12	9,17
4. „	110	12	9,17
4. Min.	455	48	9,48
1. Viert.	110	12	9,17
2. „	105	12	8,75
3. „	115	12	9,58
4. „	100	11	9,09
5. Min.	430	47	9,15
1. Viert.	85	11	7,73
2. „	90	11	8,18
3. „	75	11	6,82
4. „	70	10	7
6. Min.	320	43	7,44
im Ganzen	2600	291	
Durchschn.	108,33	12,12	8,94

Versuch II.

Dasselbe Thier, nachdem es einige Zeit geruht hatte.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	110	14	7,86
2. „	135	14	9,64
3. „	130	14	9,29
4. „	135	13	10,38
1. Min.	510	55	9,27
1. Viert.	130	13	10
2. „	120	13	9,23
3. „	125	12	10,41
4. „	105	12	8,75
2. Min.	480	50	9,6
1. Viert.	115	13	8,85
2. „	135	14	8,87
3. „	125	13	9,61
4. „	110	13	8,46
3. Min.	470	53	8,87

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115	13	8,85
2. „	135	14	8,87
3. „	125	13	9,61
4. „	110	13	8,46
4. Min.	485	53	9,15
1. Viert.	120	13	9,23
2. „	105	13	8,08
3. „	115	13	8,85
4. „	100	12	8,33
5. Min.	440	51	8,62
im Ganzen	2385	262	
Durchschn.	119,25	13,1	9,1

b) Sauerstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	95	14	6,78
2. „	130	14	9,29
3. „	130	14	9,29
4. „	125	13	8,93
1. Min.	480	55	8,73
1. Viert.	150	14	10,71
2. „	135	13	10,38
3. „	120	12	10
4. „	125	13	9,61
2. Min.	530	52	10,19
1. Viert.	155	13	11,92
2. „	110	12	9,17
3. „	120	13	7,69
4. „	100	12	8,33
3. Min.	485	50	9,7
1. Viert.	115	12	9,58
2. „	120	13	9,23
3. „	100	13	7,69
4 „	120	13	9,23
4. Min.	455	51	8,92
1. Viert.	105	12	8,75
2. „	110	13	8,46
3. „	105	12	8,75
4. „	105	12	8,75
5. Min.	425	49	8,67

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	105	13	8,08
2. „	110	13	8,46
3. „	90	13	6,92
4. „	95	14	6,79
6. Min.	400	53	7,55
1. Viert.	140	13	10,77
2. „	115	12	9,58
3. „	85	10	8,5
4. „	95	12	7,92
7. Min.	435	47	9,25
1. Viert.	95	13	7,31
2. „	95	13	7,31
3. „	85	12	7,08
4. „	80	12	6,66
8. Min.	355	50	7,1
1. Viert.	110	12	9,17
2. „	125	13	9,62
3. „	120	13	9,23
4. „	100	12	8,33
9. Min.	455	50	9,1
1. Viert.	100	12	8,33
2. „	95	12	7,91
im Ganzen	4185	501	
Durchschn.	110,13	13,18	8,35

Versuch III.

Weisses grosses Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	120	13	9,23
2. „	150	12	12,5
3. „	140	11	12,73
4. „	145	11	13,18
1. Min.	555	47	11,81
1. Viert.	145	11	13,18
2. „	120	11	10,91
3. „	130	11	11,82
4. „	150	12	12,5
2. Min.	545	45	12,11

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	150	11	13,64
2. „	135	11	12,27
3. „	140	11	12,73
4. „	125	11	11,36
1. Min.	550	44	12,5
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	165	11	15
3. „	160	12	13,33
4. „	165	12	13,75
4. Min.	615	46	13,37
1. Viert.	135	12	11,25
2. „	150	11	13,64
3. „	125	11	11,36
4. „	125	11	11,36
5. Min.	535	45	11,89
1. Viert.	120	11	10,91
2. „	110	11	10
3. „	100	11	9,09
4. „	120	11	10,91
6. Min.	450	44	10,23
im Ganzen	3250	271	
Durchschn.	135,41	11,29	11,99

b) Sauerstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	175	13	13,46
2. „	165	13	12,67
3. „	140	13	10,77
4. „	125	12	10,42
1. Min.	605	51	11,86
1. Viert.	130	11	11,82
2. „	130	14	9,28
3. „	130	12	10,83
4. „	140	13	10,77
2. Min.	530	50	10,6
1. Viert.	140	13	10,77
2. „	115	13	8,84
3. „	105	12	8,75
4. „	115	12	9,58
3. Min.	475	50	9,5

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115	13	8,84
2. „	135	12	11,25
3. „	145	13	11,15
4. „	160	13	12,31
4. Min.	555	51	10,88
1. Viert.	155	12	12,92
2. „	145	12	12,08
3. „	150	12	12,5
4. „	125	12	10,42
5. Min.	575	48	11,98
1. Viert.	125	11	11,36
2. „	125	12	10,42
3. „	110	13	8,46
4. „	115	12	9,58
6. Min.	475	48	9,89
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	150	12	12,5
3. „	135	12	11,25
4. „	120	11	10,91
7. Min.	530	47	11,27
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	140	13	10,77
3. „	100	11	9,09
4. „	135	12	11,25
8. Min.	500	48	10,42
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	115	12	9,58
3. „	135	11	12,27
4. „	145	12	12,08
9. Min.	520	47	11,07
1. Viert.	145	14	10,36
2. „	140	12	11,67
3. „	135	12	11,25
4. „	150	13	11,54
10. Min.	570	51	11,17
1. Viert.	140	12	11,67
2. „	140	12	11,67
3. „	150	13	11,54
4. „	135	13	10,38
11. Min.	565	50	11,3
1. Viert.	110	11	10
2. „	125	12	10,42
3. „	125	11	11,36
4. „	115	12	9,58
12. Min.	475	46	10,33

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.		Zahl der Athemzüge.		Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115		12		9,58
2. „	120		12		10
3. „	140		11		12,73
4. „	130		12		10,83
13. Min.		505		47	10,74
1. Viert.	110		11		10
2. „	125		12		10,42
3. „	125		12		10,42
4. „	105		12		8,75
14. Min.		460		47	9,79
1. Viert.	115		11		10,45
2. „	110		12		9,17
3. „	105		12		8,75
4. „	95		11		8,64
15. Min.		425		46	9,24
1. Viert.	95		12		7,92
2. „	140		12		11,67
3. „	110		12		9,17
4. „	130		12		10,83
16. Min.		475		48	9,89
1. Viert.	125		12		10,42
2. „	125		12		10,42
3. „	120		12		10
4. „	125		12		10,42
17. Min.		495		48	10,31
1. Viert.	125		12		10,42
2. „	120		11		10,91
3. „	145		12		12,08
4. „	145		12		12,08
18. Min.		535		47	11,38
1. Viert.	130		13		10
2. „	125		13		9,62
3. „	100		12		8,33
4. „	130		13		10
19. Min.		485		51	9,51
1. Viert.	120		12		10
2. „	150		12		12,5
3. „	125		13		9,62
4. „	125		13		9,62
20. Min.		520		50	10,4
im Ganzen	10475		971		
Durchschn.	130,94		12,14		10,79

Versuch IV.

Graues mittelgrosses Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.		Zahl der Athemzüge.		Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	130		13		10
2. „	110		13		8,46
3. „	125		13		9,61
4. „	130		13		10
1. Min.		495		52	9,52
1. Viert.	115		12		9,58
2. „	120		11		10,91
3. „	115		12		9,58
4. „	110		12		9,17
2. Min.		460		47	9,79
1. Viert.	120		11		10,91
2. „	140		12		11,67
3. „	140		12		11,67
4. „	135		12		11,25
3. Min.		535		47	11,38
1. Viert.	130		11		11,82
2. „	130		12		10,83
3. „	115		10		11,5
4. „	120		12		10
4. Min.		495		45	10,76
1. Viert.	130		11		11,82
2. „	130		12		10,83
3. „	115		10		11,5
4. „	120		12		10
5. Min.		495		45	11
1. Viert.	145		13		11,15
2. „	105		10		10,5
3. „	120		11		10,91
4. „	120		11		10,91
6. Min.		490		45	10,89
1. Viert.	115		12		9,58
2. „	115		13		8,85
3. „	105		11		9,55
4. „	115		11		10,85
7. Min.		450		47	9,57
im Ganzen	3420		328		
Durchschn.	122,14		11,75		10,39

Digitized by Google

b) Sauerstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.		Zahl der Athemzüge.		Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115		12		9,58
2. „	115		12		9,58
3. „	110		12		9,17
4. „	110		12		9,17
1. Min.		450		48	9,38
1. Viert.	105		13		8,08
2. „	110		12		9,17
3. „	105		10		10,5
4. „	100		11		9,09
2. Min.		420		46	9,13
1. Viert.	105		11		9,55
2. „	105		11		9,55
3. „	120		12		10
4. „	120		12		10
3. Min.		450		46	9,78
1. Viert.	110		11		10
2. „	115		10		11,5
3. „	130		12		10,83
4. „	95		11		8,64
4. Min.		450		44	10,23
1. Viert.	95		10		9,5
2. „	115		12		9,58
3. „	130		11		11,82
4. „	135		11		12,27
5. Min.		475		44	10,79
1. Viert.	130		13		10
2. „	120		12		10
3. „	110		12		9,17
4. „	110		12		9,17
6. Min.		470		49	9,59
1. Viert.	110		11		10
2. „	105		11		9,55
3. „	105		12		8,75
4. „	95		11		8,64
7. Min.		415		45	9,22
im Ganzen		3130		322	
Durchschn.		111,78		11,5	9,72

Versuch V.

Weisses Kaninchen von mittlerer Grösse.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.		Zahl der Athemzüge.		Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	100		11		9,09
2. „	125		12		10,42
3. „	125		12		10,42
4. „	125		13		9,62
1. Min.		475		49	9,69
1. Viert.	125		13		9,62
2. „	125		12		10,42
3. „	120		10		12
4. „	130		12		10,83
2. Min.		500		47	10,64
1. Viert.	125		13		9,62
2. „	125		12		10,42
3. „	120		11		10,91
4. „	125		12		10,42
3. Min.		495		48	10,31
1. Viert.	150		13		11,54
2. „	150		13		11,54
3. „	150		13		11,54
4. „	150		12		12,5
4. Min.		600		51	10,76
1. Viert.	125		11		11,36
2. „	150		13		11,54
3. „	125		11		11,36
4. „	120		12		10
5. Min.		520		47	11,06
im Ganzen		2590		242	
Durchschn.		129,5		12,1	10,7

b) Sauerstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.		Zahl der Athemzüge.		Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	150		13		11,54
2. „	135		12		11,25
3. „	115		12		9,58
4. „	140		13		10,77
1. Min.		540		50	10,8

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	130	12	10,83
2. „	120	12	10
3. „	125	12	10,42
4. „	100	12	8,33
1. Min.	475	48	9,89
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	100	11	9,09
3. „	100	11	9,09
4. „	135	13	10,38
2. Min.	460	46	10
1. Viert.	120	12	10
2. „	125	12	10,42
3. „	125	12	10,42
4. „	135	12	11,25
3. Min.	505	48	10,52
1. Viert.	115	11	10,45
2. „	105	11	9,55
3. „	95	10	9,5
4. „	110	12	9,17
4. Min.	425	44	9,66
im Ganzen	2405	236	
Durchschn.	120,25	11,8	10,11

Versuch VI.

Weisses mittelgrosses Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	110	11	10
2. „	100	11	9,09
3. „	105	11	9,55
4. „	120	12	10
1. Min.	435	45	9,67
1. Viert.	120	11	10,91
2. „	110	10	11
3. „	105	10	10,5
4. „	105	11	9,55
2. Min.	440	42	10,48
1. Viert.	120	11	10,91
2. „	120	11	10,91
3. „	135	11	12,27
4. „	130	12	10,83
3. Min.	505	45	11,22
1. Viert.	100	11	9,09
2. „	120	11	10,91
3. „	90	10	9
4. „	125	14	8,93
4. Min.	435	46	9,46
1. Viert.	100	11	9,09
2. „	105	11	9,55
3. „	120	10	12
4. „	125	11	11,36
5. Min.	450	43	10,46
1. Viert.	105	11	9,56
2. „	100	11	9,09
3. „	120	12	10
4. „	105	11	9,55
6. Min.	430	45	9,55
1. Viert.	115	11	10,45
2. „	110	10	11
3. „	120	11	10,91
4. „	120	11	10,91
7. Min.	465	43	10,81
1. Viert.	105	11	9,55
2. „	100	10	10
3. „	100	10	10
4. „	95	10	9,5
8. Min.	400	41	9,75
im Ganzen	3560	350	
Durchschn.	111,35	10,84	10,17

b) Sauerstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115	14	8,21
2. „	110	12	9,17
3. „	100	12	8,33
4. „	111	13	9,62
1. Min.	450	51	8,82

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	130	13	10
2. „	120	12	10
3. „	105	12	8,75
4. „	100	12	8,33
2. Min.	**455**	**49**	**9,29**
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	125	12	10,42
3. „	105	11	9,45
4. „	130	12	10,83
3. Min.	**485**	**47**	**10,32**
1. Viert.	130	11	11,82
2. „	130	11	11,82
3. „	115	12	9,58
4. „	135	12	11,25
4. Min.	**510**	**46**	**11,04**
1. Viert.	105	11	9,55
2. „	110	11	10
3. „	110	11	10
4. „	90	12	7,5
5. Min.	**415**	**45**	**9,22**
1. Viert.	105	11	9,55
2. „	110	11	10
3. „	110	10	11
4. „	105	11	9,55
6. Min.	**430**	**43**	**10**
1. Viert.	105	11	9,55
2. „	100	11	9,09
3. „	100	11	9,09
4. „	90	10	9
7. Min.	**395**	**43**	**9,19**
1. Viert.	100	10	10
2. „	110	10	11
3. „	100	10	10
4. „	100	11	9,09
8. Min.	**410**	**41**	**10**
1. Viert.	100	11	9,09
2. „	110	12	9,17
3. „	120	11	10,91
4. „	125	10	12,5
9. Min.	**455**	**44**	**10,34**
1. Viert.	130	10	13
2. „	125	10	12,5
3. „	115	11	10,45
4. „	105	10	10,5
10. Min.	**475**	**41**	**11,58**
im Ganzen	**4480**	**450**	
Durchschn.	**112**	**11,25**	**9,96**

Versuch VII.

Dasselbe Kaninchen, nachdem es einige Zeit geruht hat.

a) Athmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	125	11	11,36
2. „	125	11	11,36
3. „	115	10	11,50
4. „	115	11	10,45
1. Min.	**480**	**43**	**11,66**
1. Viert.	140	13	10,77
2. „	120	11	10,91
3. „	95	9	10,55
4. „	125	11	11,36
2. Min.	**480**	**44**	**10,91**
1. Viert.	105	10	10,5
2. „	155	12	12,92
3. „	115	10	11,5
4. „	125	10	12,5
3. Min.	**500**	**42**	**11,9**
1. Viert.	125	10	12,5
2. „	120	10	12
3. „	135	11	12,27
4. „	155	13	11,92
4. Min.	**535**	**44**	**12,16**
1. Viert.	140	11	12,73
2. „	115	9	12,78
3. „	120	10	12
4. „	100	9	11,11
5. Min.	**475**	**39**	**12,18**
1. Viert.	110	10	11
2. „	110	11	10
3. „	100	10	10
4. „	130	11	11,82
6. Min.	**450**	**42**	**10,71**
1. Viert.	125	10	12,5
2. „	100	9	11,11
3. „	105	10	10,5
4. „	95	9	10,55
7. Min.	**425**	**38**	**11,18**
1. Viert.	85	9	9,44
2. „	120	10	12
3. „	100	9	11,11
4. „	110	11	10
8. Min.	**415**	**39**	**10,64**

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115	10	11,5
2. „	105	9	11,67
3. „	95	9	10,56
4. „	100	9	11,11
9. Min.	415	37	11,22
im Ganzen	4175	368	
Durchschn.	116	10,22	11,34

b) Sauerstoff.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	75	13	5,77
2. „	85	9	9,44
3. „	110	11	10
4. „	90	9	10
1. Min.	360	42	8,57
1. Viert.	105	10	10,5
2. „	115	10	11,5
3. „	115	9	12,78
4. „	95	10	9,5
2. Min.	430	39	11,03
1. Viert.	115	11	10,45
2. „	145	12	12,08
3. „	135	11	12,27
4. „	125	10	12,5
3. Min.	526	44	11,82
1. Viert.	125	11	11,36
2. „	125	11	11,36
3. „	100	10	10
4. „	105	10	10,5
4. Min.	455	41	11,09
1. Viert.	145	12	12,08
2. „	120	10	12
3. „	125	10	12,5
4. „	130	10	13
5. Min.	520	42	12,38
1. Viert.	130	11	11,82
2. „	115	9	12,78
3. „	110	10	11
4. „	125	13	9,62
6. Min.	480	43	11,16
1. Viert.	145	12	12,08
2. „	125	10	12,5
3. „	115	10	11,5
4. „	110	11	10
7. Min.	495	43	11,51
1. Viert.	110	10	11
2. „	105	9	11,55
3. „	100	11	9,09
4. „	110	11	10
8. Min.	425	41	10,37
1. Viert.	115	9	12,78
2. „	105	10	10,5
3. „	95	10	9,5
4. „	95	9	10,55
9. Min.	410	38	10,63
im Ganzen	4095	373	
Durchschn	113,75	10,36	10,98

Versuch VIII.

Weisses grosses Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	125	14	8,93
2. „	165	14	11,79
3. „	160	14	11,43
4. „	150	13	11,54
1. Min.	600	55	10,91
1. Viert.	145	14	10,36
2. „	140	14	10
3. „	145	13	11,15
4. „	140	14	13,37
2. Min.	620	55	11,27
1. Viert.	180	14	12,86
2. „	180	13	13,85
3. „	170	14	12,14
4. „	170	15	11,33
3. Min.	700	56	12,5

Digitized by Google

Zeit.	Athem-grösse in C.-C.	Zahl der Athem-züge.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	150	13	11,54
2. „	135	14	9,64
3. „	125	12	10,42
4. „	120	13	9,23
4. Min.	530	52	10,19
1. Viert.	130	14	9,29
2. „	140	14	10
3. „	145	14	10,36
4. „	170	16	10,62
5. Min.	585	58	10,09
im Ganzen	3035	276	
Durchschn.	151,7	13,8	10,99

b) Sauerstoff.

Zeit.	Athem-grösse in C.-C.	Zahl der Athem-züge.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	150	15	10
2. „	125	14	8,93
3. „	125	13	9,62
4. „	115	12	9,58
1. Min.	515	54	9,54
1. Viert.	115	12	9,58
2. „	120	13	9,23
3. „	115	13	8,85
4. „	110	12	9,17
2. Min.	460	50	9,5
1. Viert.	125	14	8,43
2. „	90	10	9
3. „	135	12	11,25
4. „	130	13	10
3. Min.	480	49	9,79
1. Viert.	125	12	10,92
2. „	110	12	9,17
3. „	130	14	9,29
4. „	110	13	8,46
4. Min.	475	51	9,31
1. Viert.	140	14	10
2. „	140	14	10
3. „	135	13	10,38
4. „	135	12	11,25
5. Min.	550	53	10,38

Zeit.	Athem-grösse in C.-C.	Zahl der Athem-züge.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	130	13	10
3. „	120	12	10
4. „	120	12	10
6. Min.	495	49	10,1
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	120	13	9,23
3. „	120	13	9,23
4. „	110	12	9,17
7. Min.	475	50	9,5
im Ganzen	3450	356	
Durchschn.	123,21	12,71	9,69

Versuch IX.

Mittelgrosses weisses Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athem-grösse in C.-C.	Zahl der Athem-züge.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	125	13	9,62
2. „	125	13	9,62
3. „	135	14	9,64
4. „	120	13	9,23
1. Min.	505	53	9,53
1. Viert.	145	13	11,15
2. „	130	14	9,29
3. „	120	14	8,57
4. „	125	13	9,62
2. Min.	520	54	9,63
1. Viert.	100	12	8,33
2. „	135	13	10,38
3. „	155	14	11,07
4. „	165	15	11
3. Min.	555	54	10,28
1. Viert.	165	15	11
2. „	155	16	9,69
3. „	150	14	10,71
4. „	170	15	11,33
4. Min.	640	60	10,67

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	130	15	8,67
2. „	145	14	10,36
3. „	130	13	10
4. „	135	13	10,38
5. Min.	540	55	9,82
1. Viert.	110	12	9,17
2. „	115	15	7,67
3. „	135	14	9,64
4. „	120	12	10
6. Min.	480	53	9,06
im Ganzen	3240	329	
Durchschn.	135	13,71	9,85

b) Atmosph. Luft 50 Vol. pCt.
Sauerstoff 50 „ „

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	100	13	7,67
2. „	115	12	9,58
3. „	130	14	9,29
4. „	125	13	9,62
1. Min.	470	52	9,04
1. Viert.	120	12	10
2. „	125	13	9,62
3. „	125	13	9,62
4. „	125	14	8,93
2. Min.	495	52	9,52
1. Viert.	125	12	10,42
2. „	125	13	9,62
3. „	150	13	11,54
4. „	140	13	10,77
3. Min.	540	51	10,59
1. Viert.	140	13	10,77
2. „	150	14	10,71
3. „	140	14	10
4. „	145	14	10,36
4. Min.	575	55	*10,45*
1. Viert.	125	13	9,62
2. „	120	12	10
3. „	120	13	9,23
4. „	120	14	8,57
5. Min.	485	52	9,33
1. Viert.	135	13	10,38
2. „	125	14	8,93
3. „	120	12	10
4. „	110	13	8,46
6. Min.	490	52	9,42
im Ganzen	3055	314	
Durchschn.	127,29	13,09	9,73

Der Uebersicht halber stelle ich auch die aus diesen Versuchen gewonnenen Durchschnitts-Zahlen für die Athemgrösse und Frequenz umstehend zusammen:

Digitized by Google

a) Atmosphärische Luft.

Ordnungs-Nummer.	Athemgrösse f. 15 Sec.	Zahl der Athemzüge in 15 Sec.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
Vers. I.	118,73	12,64	9,4
„ II.	119,25	13,1	9,1
„ III.	135,41	11,29	11,99
„ IV.	122,14	11,75	10,39
„ V.	129,5	12,1	10,7
„ VI.	111,25	10,84	10,17
„ VII.	116	10,22	11,34
„ VIII.	151,7	13,8	10,99
im Ganzen	1003,98	95,74	84,8

b) Reiner Sauerstoff.

Ordnungs-Nummer.	Athemgrösse f. 15 Sec.	Zahl der Athemzüge. in 15 Sec.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
Vers. I.	108,33	12,12	8,94
„ II.	110,13	13,13	8,35
„ III.	130,94	12,14	10,79
„ IV.	111,78	11,5	9,92
„ V.	120,25	11,8	10,11
„ VI.	112	11,25	9,96
„ VII.	113,75	10,36	10,98
„ VIII.	123,21	12,71	9,64
im Ganzen	930,39	95,6	78,54

Verhältniss bei der Athmung:

a) in atmosph. Luft. b) in Sauerstoff.

1) Athemgrösse = 1003,98 : 930,39
d. i. 1 : 0,9266

2) Zahl d. Athemzüge = 95,74 : 95,6
d. i. 1 : 0,998

3) d. Tiefe d. „ = 84,8 : 78,54
d. i. 1 : 0,9262

Die Zahl der Athemzüge hat sich also auch bei diesen Versuchen beinahe gar nicht geändert.

Die Verminderung der Athemgrösse, welche wir gefunden haben, ist herbeigeführt durch die geringere Tiefe der einzelnen Athemzüge.

Fassen wir die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen zusammen, so können wir Folgendes aufstellen:

1) Ist der Sauerstoffgehalt der Athmungsluft geringer als der der atmosphärischen Luft, so wird die Athemgrösse vermehrt, und zwar um so bedeutender, je mehr der Sauerstoff in der Athmungsluft und in Folge dessen im Blute abnimmt; jedoch beobachten wir diese Vermehrung nur so lange, als die Respirationsorgane in ihrer Ernährung nicht zu sehr gelitten haben. Die vermehrte Athemgrösse wird herbeigeführt nicht

Digitized by Google

durch Zunahme der Frequenz der Athemzüge, sondern durch die grössere Tiefe jedes einzelnen. 2) Ist der Sauerstoff der Athmungsluft irgendwie bedeutend vermehrt, so sinkt die Athemgrösse, jedoch nicht bedeutend. Auch diese Abnahme der Athemgrösse ist nicht herbeigeführt durch eine Verminderung der Zahl der Athemzüge, sondern durch die geringere Tiefe jedes einzelnen.

Es bleibt uns jetzt noch zu untersuchen übrig, welchen Einfluss die Verminderung oder Vermehruug der Kohlensäure im Blute auf die Athembewegungen ausübt. Die Kohlensäure im Blute zu vermindern, während gleichzeitig der Gehalt und Verbrauch an und von Sauerstoff derselbe blieb, dazu wusste ich, offen zu gestehen, kein Mittel. Dagegen tritt eine Verminderung derselben neben einer Steigerung des Sauerstoffs im Blute auf, bei der künstlichen Respiration, eine Abnahme derselben neben gleichzeitig verminderndem Verbrauche von Sauerstoff, z. B. nach Durchschneidung des Rückenmarkes bei Schlafenden, Ohnmächtigen etc. etc. In allen diesen Fällen bemerken wir ein Sinken der Respirationsthätigkeit. Diese Fälle sind jedoch, wie leicht einzusehen, nicht dazu geeignet, um auch nur mit einiger Sicherheit den Einfluss, den die Verminderung der Kohlensäure hierbei ausübt, erkennen zu lassen. Um sogleich zu einem bestimmten Resultate zu kömmen, von dem aus ich dann die übrigen erforderlichen Versuche mit mehr Sicherheit einleiten könnte, stellte ich zuerst Versuche mit reiner Kohlensäure an. Bei diesen Versuchen müsste also 1) ein Sauerstoffmangel im Blute entstehen. 2) Da die Kohlensäure nach dem Gesetze der Diffusion aus der Athmungsluft in das Blut übergehen muss, so wird sich schon gleich im Anfange des Versuches, wo die Leistungsfähigkeit der Organe wenigstens noch nicht bedeutend abgenommen hat, dieselbe in einer grösseren Menge anhäufen; kann dann die Kohlensäure einen Reiz auf das Centralorgan der Athemmuskeln ausüben, so werden wir eine Steigerung der Respirationsthätigkeit beobachten müssen, ausser der, die durch den Sauerstoffmangel allein bedingt ist. Die Kohlensäure, die ich zu diesen Versuchen anwendete, war nach der Bunsen'schen Methode dargestellt. Ich übergoss Kreide mit Schwefelsäure und setzte dann etwas Wasser zu.

Digitized by Google

Vor dem Gebrauche prüfte ich sie ausserdem jedesmal auf ihre Reinheit.

Versuch I. Grosses, schwarzes Kaninchen. Ich leitete bei diesem Thiere eine künstliche Respiration ein vermittelst der Vorrichtung, die ich angegeben habe. Brust- und Bauchhöhle waren geöffnet.

Der Versuch begann 5 Uhr 3 Minuten; sogleich traten die heftigsten dyspnoetischen Erscheinungen auf, die jedoch bald nachliessen; 5 Uhr 4½ Minuten erfolgte schon keine Reaction mehr auf äussere Reize. Wiederbelebungsversuche, die angestellt wurden, waren vergeblich. Dauer des Versuches also 1½ Minuten; während dieser Zeit wurden 7000 C.-Cm. Kohlensäure verbraucht.

Versuch II.

Graues Kaninchen von mittlerer Grösse. Das Thier athmete durch die Rosenthal'schen Ventile.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	90	12	7,5
2. „	130	11	11,82
3. „	135	12	11,25
4. „	140	12	11,67
1. Min.	495	47	10,53
1. Viert.	140	12	11,67
2. „	125	12	10,42
3. „	135	13	10,38
4. „	125	11	11,36
2. Min.	525	48	10,94
1. Viert.	125	11	11,36
2. „	145	12	12,08
2. „	130	12	10,83
4. „	130	12	10,83
3. Min.	530	47	11,28
im Ganzen	1550	142	
Durchschn.	129,17	11,83	10,91

b) Kohlensäure.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	175	12	14,58
2. „	200	12	16,67
3. „	60	4	15
4. „	15	3	5
1. Min.	450	31	14,51
1. Viert.	15	2	7,5
2. „	15	3	5

1½ Minute Tod des Thieres.

Versuch III.

Weisses mittelgrosses Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	125	10	12,50
2. „	100	11	9,09
3. „	100	11	9,09
4. „	90	10	9
1. Min.	415	42	9,88

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	95	9	10,56
2. „	100	10	10
3. „	100	10	10
4. „	80	10	8
2. Min.	**375**	**39**	**9,62**
1. Viert.	115	11	10,45
2. „	95	11	8,64
3. „	90	11	8,18
4. „	85	11	7,73
3. Min.	**385**	**44**	**8,75**
1. Viert.	90	11	8,18
2. „	80	11	7,27
3. „	75	11	6,82
3¾ Min.	**245**	**33**	**7,42**
im Ganzen	1420	158	
Durchschn.	94,67	10,53	8,99

b) Kohlensäure.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	135	13	10,38
2. „	215	12	17,92
3. „	75	4	18,75
4. „	200	8	25
1. Min.	**625**	**37**	**16,89**
1. Viert.	130	6	21,67
2. „	25	2	12,5

1½ Min. Tod des Thieres.

Versuch IV.

Graues kleines Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	75	10	7,5
2. „	95	11	8,64
3. „	110	13	8,46
4. „	105	12	8,75
1. Min.	**385**	**46**	**8,37**
1. Viert.	105	11	9,55
2. „	105	11	9,55
3. „	105	12	8,75
4. „	100	12	8,33
2. Min.	**415**	**46**	**9,02**
1. Viert.	100	11	9,09
im Ganzen	900	103	
Durchschn.	100	11,44	8,74

b) Kohlensäure.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	150	12	12,5
2. „	230	12	19,17
3 „	200	7	28,57
4. „	90	7	12,86
1. Min.	**610**	**38**	**16,05**
1. Viert.	40	3	13,33
2. „	10	2	5
3. „	2,5	1	2,5

¼ Min. Tod des Thieres.

Digitized by Google

Versuch V.

Weisses Kaninchen von mittlerer Grösse, äusserst mager; die Section desselben ergab neben andern krankhaften Veränderungen eine Entzündung der ganzen linken Lunge, theilweise Entzündung der rechten Lunge.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	45	17	2,65
2. „	40	24	1,67
3. „	65	24	2,71
4. „	50	24	2,08
1. Min.	200	89	2,25
1. Viert.	45	23	1,95
2. „	45	23	1,95
3. „	45	23	1,95
4. „	65	24	2,71
2. Min.	200	93	2,15
1. Viert.	25	18	1,39
2. „	45	20	2,25
3. „	30	18	1,67
4. „	45	20	2,25
3. Min.	145	76	1,91
1. Viert.	40	18	2,22
2. „	50	18	2,78
3. „	40	19	2,11
4. „	35	17	2,05
4. Min.	165	72	2,29
im Ganzen	710	330	
Durchschn.	44,37	20,63	2,15

b) Kohlensäure.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1 Viert.	60	21	2,86
2. „	50	24	2,08
3. „	50	18	2,78
4. „	55	13	4,23
1. Min.	215	76	2,81
1. Viert.	40	5	8
2. „	20	4	5
3. „	15	2	7,5
4. „	2,5	1	2,5
2. Min.	77,5	12	6,46
1. Viert.	5	2	2,5
2. „	2,5	2	1,25

2¼ Min. Tod des Thieres.

Dieser letzte Versuch kann uns natürlich gar keinen Aufschluss geben über die Einwirkung, welche der vermehrte Kohlensäuregehalt auf die Respirationsthätigkeit ausübt, da er ja an einem Thiere angestellt ist, welches sich nicht in dem normalen Zustande befand. Ich habe ihn nur hierhin gestellt zur Vergleichung mit den übrigen Versuchen. Zuerst muss uns die lange Lebensdauer des Thieres im Vergleiche zu den übrigen auffallen; auch bei dem dritten Versuche der ersten Reihe, wo wir ebenfalls ein Thier benutzten, dessen Lungen

Digitized by Google

theilweise functionsuntüchtig waren, trat der Tod verhältnissmässig erst nach längerer Zeit ein. Dieser Vorgang ist jedoch einfach zu erklären. Wird die Respirationsfläche verkleinert, so sucht der Organismus dieses Hinderniss für den Gasaustausch dadurch zu compensiren, dass die Athemzüge tiefer und, wenn das nicht ausreicht, häufiger werden; zu diesem Zwecke müssen die Contractionen der gewöhnlichen Athemmuskeln energischer werden; ausserdem müssen die accessorischen Athemmuskeln in Thätigkeit treten. Durch diese vermehrte Thätigkeit wird der Gasaustausch zwischen Blut und Athmungsluft, wenn die Respirationsfläche nicht zu bedeutend verkleinert ist, ebenso vollständig erfolgen, wie gewöhnlich. Die Athemmuskeln werden aber allmählig ermüden, ihre Leistungsfähigkeit wird geringer werden; es wird also die Tiefe der Athemzüge auch allmählig wieder abnehmen müssen. Durch diese verminderte Respirationsthätigkeit würde bald ein bedenklicher Sauerstoffmangel und eine grosse Anhäufung der Kohlensäure im Blute hervorgerufen werden, wenn nicht gleichzeitig mit dem Sinken der Respirationsthätigkeit der ganze Stoffwechsel entsprechend sänke. In dem Maasse also wie die Aufnahme des Sauerstoffs und die Abgabe der Kohlensäure behindert wird, wird auch der Verbrauch des Sauerstoffs und die Bildung der Kohlensäure beschränkt. In dem Blute des Thieres wird also im Verhältniss ungefähr dieselbe absolute Menge Sauerstoff und Kohlensäure sein, wie in dem eines gesunden Thieres. Wird nun einem solchen Thiere die Luftzufuhr abgeschnitten, so wird es bei dem geringeren Verbrauche, woran es gewöhnt ist, länger mit dem vorhandenen Sauerstoffe ausreichen müssen, als ein gesundes, so wie auch die Kohlensäure sich in geringerer Menge anhäufen wird, was aber wohl weniger in Betracht kommt.

Ich stelle wiederum die Resultate der drei Versuche (II., III. und IV.) auf die gewöhnliche Weise zusammen:

Digitized by Google

a) Atmosphärische Luft.

Ordnungs-Nummer.	Athem-grösse f. 15 Sec.	Zahl der Athem-züge in 15 Sec.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
Vers. II.	129,17	11,83	10,91
„ III.	94,67	10,53	8,99
„ IV.	100	11,47	8,74
im Ganzen	323,84	33,80	28,64
Durchschn.	107,95	11,27	9,55

b) Kohlensäure.

Ordnungs-Nummer.	Athem-grösse f. 15 Sec.	Zahl der Athem-züge. in 15 Sec.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
Vers. II.	200	12	16,67
„ III.	215	12	17,92
„ IV.	230	12	19,17
im Ganzen	645	36	53,76
Durchschn.	215	12	17,92

Es stellt sich also folgendes Verhältniss heraus bei der Athmung:

a) in atmosph. Luft. b) in Kohlensäure.

1) Athemgrösse = 323,84 : 645
d. i. 1 : 1,992
2) Zahl d. Athemzüge = 33,8 : 36
d. i. 1 : 1,065
3) d. Tiefe d. „ = 28,64 : 53,76
d. i. 1 : 1,874

Vergleichen wir nun das Resultat dieser Versuche mit den aus den früheren Versuchen gewonnenen, bei welchen ausser dem allmälig immer kleiner werdenden Sauerstoffgehalte keine Veränderung im Blute auftrat, so finden wir, dass 1) die Athemgrösse in den letzten Versuchen ziemlich bedeutend zugenommen hat gegen früher, 2) die Zahl der Athemzüge ungefähr in demselben Verhältnisse steht und 3) die Tiefe der einzelnen Athemzüge entsprechend der Zunahme der Athemgrösse grösser geworden ist. Wenn nun bei diesen Versuchen zwei Veränderungen nur im Blute hervorgerufen werden, eine Abnahme des Sauerstoffs und eine Zunahme der Kohlensäure, wenn ferner hierbei in der Respirationsthätigkeit Veränderungen eintreten, die durch die Abnahme des Sauerstoffs nicht bedingt waren, so müssen wir diese Veränderungen der Einwirkung der sich anhäufenden Kohlensäure zuschreiben. Man könnte nun hier aber vielleicht mit Recht den Einwurf machen, dass die Zahl der Versuche zu klein, dabei die Resultate derselben nicht augenscheinlich genug seien, um mit Sicherheit einen Schluss

Digitized by Google

daraus ziehen zu können. Ich stellte deshalb noch einige Versuche mit verschiedenen Gasarten an, die nur Sauerstoff und Kohlensäure enthielten und zwar immer wenigstens so viel Sauerstoff, als in der atmosphärischen Luft enthalten ist. Das Blut wird aus der so zusammengesetzten Luft seinen Sauerstoff ebenso leicht beziehen können, wie aus der atmosphärischen Luft, dagegen wird die Kohlensäureabgabe mehr oder weniger beschränkt oder ganz aufgehoben sein und unter Umständen wird noch Kohlensäure in das Blut aus der Athmungsluft übergehen müssen. Die von den gewöhnlichen abweichenden Erscheinungen, welche hier etwa auftreten, müssen wir also auch allein der Einwirkung der Kohlensäure zuschreiben.

Versuch I.

Weisses Kaninchen von mittlerer Grösse.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	85	11	7,73
2. „	95	11	8,64
3. „	105	11	9,55
4. „	85	11	7,73
1. Min.	**370**	**44**	**8,41**
1. Viert.	85	10	8,5
2. „	75	10	7,5
3. „	85	10	8,5
4. „	85	11	7,73
2. Min.	**330**	**41**	**8,05**
1. Viert.	80	10	8
2. „	95	11	8,64
3. „	75	10	7,5
4. „	75	10	7,5
3. Min.	**325**	**41**	**7,93**
1. Viert.	80	10	8
2. „	90	10	9
3. „	85	8	6,5
4. „	75	10	7,5
4. Min.	**330**	**40**	**8,75**
1. Viert.	80	10	8
2. „	90	10	9
3. „	75	10	7,5
4. „	105	10	10,5
5. Min.	**350**	**40**	**8,75**
1. Viert.	95	10	9,5
im Ganzen	1800	216	
Durchschn.	85,71	10,29	8,33

b) Sauerstoff 25 Vol. pCt. Kohlensäure 75 „ „

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	270	12	22,4
2. „	160	7	22,86
3. „	90	5	18
4. „	45	2	22,5
1. Min.	**565**	**26**	**21,73**

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	25	3	8,33
2. „	25	5	5
3. „	30	6	5
4. „	30	6	5
2. Min.	110	20	5,5
1. Viert.	25	4	6,25
2. „	15	3	5
3. „	5	2	2,5
4. „	10	1	10
3. Min.	55	10	5,5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
4. Min.	20	4	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
5. Min.	20	4	5
1. Viert.	5	2	2,5
2. „	5	2	2,5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
6. Min.	20	6	3,33
1. Viert.	15	2	7,5
2. „	10	1	10
3. „	5	1	5
4. „	15	3	5
7. Min.	45	7	6,43
1. Viert.	10	1	10
2. „	5	1	5
3. „	10	1	10
4. „	5	1	5
8. Min.	30	4	7,5
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	2	5
3. „	5	1	5
4. „	10	1	10
9. Min.	30	5	6
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
10. Min.	20	4	5

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	2	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
11. Min.	25	5	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
12. Min.	20	4	5
1. Viert.	15	1	15
2. „	0	0	0
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
13. Min.	25	3	8,23
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	10	2	5
14. Min.	25	5	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
15. Min.	20	4	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	10	1	5
16. Min.	20	4	6,25
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	1	10
3. „	10	1	10
4. „	5	1	5
17. Min.	30	4	7,5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	0	0	0
4. „	5	5	5
18. Min.	15	3	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	0	0	0
3. „	0	0	0
4. „	7,5	1	7,5
19. Min.	12,5	2	6,25

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1 Viert.	7,5	1	7,5
2. „	0	0	0
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
20. Min.	17,5	3	5,83
1. Viert.	2,5	1	2,5
2. „	2,5	1	2,5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	5	1	5
21. Min.	17,5	4	4,38
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	2,5	1	2,5
3. „	15	1	15
4. „	7,5	2	3,75
22. Min.	32,5	5	6,5
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	0	0	0
3. „	10	1	10
4. „	10	1	10
23. Min.	27,5	3	9,17
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	1	10
3. „	0	0	0
4. „	10	1	10
24. Min.	25	3	8,33
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	1	10
3. „	0	0	0
4. „	0	0	0
25. Min.	15	2	7,5
1. Viert.	10	1	10
2. „	20	2	10
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
26. Min.	40	5	8
1. Viert.	10	1	10
2. „	5	1	5
3. „	0	0	0
4. „	0	0	0
27. Min.	15	2	7,5
1. Viert.	0	0	0
2. „	0	0	0
3. „	0	0	0
4. „	0	0	0
28. Min.	0	0	0

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	2	2,5
3. „	5	1	5
4. „	0	0	0
29. Min.	15	4	3,75
1. Viert.	2,5	1	2,5
2. „	2,5	1	2,5
3. „	2,5	1	2,5
4. „	2,5	2	1,25
30. Min.	10	5	2
1. Viert.	2,5	1	2,5
2. „	2,5	1	2,5
3. „	2,5	1	2,5
4. „	2,5	1	2,5
31. Min.	10	4	2,5

Tod des Thieres.

Versuch II.

Weisses mittelgrosses Kaninchen.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	100	12	8,33
2. „	105	13	8,08
3. „	105	11	9,55
4. „	105	12	8,75
1. Min.	415	48	8,65
1. Viert.	95	11	8,64
2. „	105	12	8,75
3. „	105	12	8,75
4. „	105	11	9,55
2. Min.	410	46	8,91
1. Viert.	100	11	9,09
2. „	100	11	9,09
3. „	105	12	8,75
4. „	105	11	9,55
3. Min.	405	45	9

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	115	13	8,85
2. „	110	11	10
3. „	105	11	9,55
4. „	115	13	8,55
4. Min.	445	48	9,27
im Ganzen	1675	187	
Durchschn.	104,69	11,64	8,95

b) Sauerstoff 50 Vol. pCt.
Kohlensäure 50 „ „

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	175	15	11,67
2. „	260	13	20
3. „	220	11	20
4. „	120	6	20
1. Min.	775	45	17,22
1. Viert.	45	3	15
2. „	25	2	12,5
3 „	0	0	0
4. „	10	1	10
2. Min.	80	6	13,33
1. Viert.	10	1	10
2. „	15	2	7,5
3. „	15	3	5
4. „	15	3	5
3. Min.	55	9	6,11
1. Viert.	10	1	10
2. „	20	3	6,67
3. „	20	3	6,67
4. „	10	3	3,33
4. Min.	60	10	6
1. Viert.	10	2	5
2. „	15	3	5
3. „	20	3	6,67
4. „	15	2	7,5
5. Min.	60	10	6

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	10	2	5
2. „	15	3	5
3. „	10	2	5
4. „	15	3	5
6. Min.	50	10	5
1. Viert.	10	3	3,33
2. „	10	2	5
3. „	10	2	5
4. „	15	3	5
7. Min.	45	10	4,5
1. Viert.	5	2	2,5
2. „	10	3	3,33
3. „	5	2	2,5
4. „	10	2	5
8. Min.	30	9	3,33
1. Viert.	5	2	2,5
2. „	5	1	5
3. „	10	3	3,33
4. „	5	2	2,5
9. Min.	25	8	3,12
1. Viert.	5	1	5,33
2. „	10	3	3,33
3. „	10	3	3,33
4. „	5	2	2,5
10. Min.	30	9	3,33
1. Viert.	7,5	3	2,5
2. „	7,5	2	3,75
3. „	10	2	5
4. „	10	2	5
11. Min.	35	9	3,89
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	2	5
3. „	10	2	5
4. „	10	2	5
12. Min.	35	7	5
1 Viert.	5	2	2,5
2. „	7,5	3	2,5
3. „	7,5	2	3,75
4. „	5	1	5
13. Min.	25	8	3,12
1. Viert.	15	3	5
2. „	7,5	2	3,75
3. „	10	2	5
4. „	12,5	2	6,75
14. Min.	45	9	5

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	10	2	5
2. „	10	2	5
3. „	5	1	5
4. „	10	2	5
15. Min.	35	7	5
1. Viert.	5	2	2,5
2. „	5	2	2,5
3. „	7,5	2	3,75
4. „	10	1	10
16. Min.	27,5	7	3,93
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	2	5
3. „	5	2	2,5
4. „	5	1	5
17. Min.	25	6	4,17
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	2	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
18. Min.	25	5	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	15	2	7,5
19. Min.	30	5	6
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	10	1	10
4. „	5	1	5
20. Min.	25	4	6,25
1. Viert.	5	1	5
2. „	15	2	7,5
3. „	5	1	5
4. „	7,5	1	7,5
21. Min.	32,5	5	6,5
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	7,5	1	7,5
3. „	10	2	5
4. „	7,5	1	7,5
22. Min.	32,5	5	6,5
1. Viert.	10	1	10,5
2. „	5	1	5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	5	1	5
23. Min.	27,5	4	6,87

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	12,5	1	12,5
2. „	5	1	5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	7,5	1	7,5
24. Min.	32,5	4	8,12
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	15	2	7,5
4. „	5	1	5
25. Min.	30	5	6
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	5	1	5
3. „	10	2	5
4. „	7,5	1	7,5
26. Min.	30	5	6
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	7,5	1	7,5
3. „	5	1	5
4. „	10	2	5
27. Min.	30	5	6
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	5	1	5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	5	1	5
28. Min.	25	4	6,25
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	2	5
3. „	5	1	5
4. „	7,5	1	7,5
29. Min.	27,5	5	5,5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	5	1	5
30. Min.	22,5	4	5,62
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	10	2	5
31. Min.	25	5	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
32. Min.	20	4	5

Digitized by Google

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
33. Min.	20	4	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	7,5	2	3,75
4. „	7,5	1	7,5
34. Min.	25	5	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	7,5	1	7,5
35. Min.	22,5	4	5,62
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
36. Min.	20	4	5
1. Viert.	5	1	5
2. „	5	1	5
3. „	10	1	10
4. „	10	1	10
37. Min.	30	4	7,5
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	1	10
3. „	5	1	5
4. „	7,5	1	7,5
38. Min.	27,5	4	6,87
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	7,5	1	7,5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	7,5	1	7,5
39. Min.	30	4	7,5
1. Viert.	15	2	7,5
2. „	15	2	7,5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	7,5	1	7,5
40. Min.	45	6	7,5
1. Viert.	10	1	10
2. „	7,5	1	7,5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	10	1	10
41. Min.	35	4	8,75

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	5	1	5
2. „	7,5	1	7,5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	7,5	1	7,5
42. Min.	27,5	4	6,87
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	10	1	10
3. „	0	0	0
4. „	5	1	5
43. Min.	22,5	3	7,5
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	10	1	10
3. „	5	1	5
4. „	7,5	1	7,5
44. Min.	30	4	7,5
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	7,5	1	7,5
3. „	7,5	1	7,5
4. „	7,5	1	7,5
45. Min.	30	4	7,5
1. Viert.	5	1	5
2. „	10	1	10
3. „	5	1	5
4. „	7,5	1	7,5
46. Min.	27,5	4	6,87
1. Viert.	7,5	1	7,5
2. „	0	0	0
3. „	7,5	1	7,5
4. „	7,5	1	7,5
47. Min.	22,5	3	7,5
1. Viert.	0	0	0
2. „	0	0	0
3. „	5	1	5
4. „	5	1	5
48. Min.	10	2	5
1. Viert.	0	0	0
2. „	2,5	1	2,5

48½ Min. Tod des Thieres.

Digitized by Google

Versuch III.
Mittelgrosses Kaninchen.
a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.	
1. Viert.	120	12	10	
2. „	115	12	9,58	
3. „	120	12	10	
4. „	100	12	8,33	
1. Min.	455	48		9,48
1. Viert.	110	11	10	
2. „	115	11	10,45	
3. „	100	12	8,33	
4. „	100	11	9,09	
2. Min.	425	45		9,44
1. Viert.	100	11	9,09	
2. „	100	11	9,09	
3. „	95	10	9,5	
4. „	95	11	8,64	
3. Min.	390	43		9,07
1. Viert.	100	12	8,33	
2. „	95	11	8,64	
3. „	90	11	8,18	
4. „	85	12	7,08	
4. Min.	370	46		8,04
1. Viert.	95	11	8,64	
2. „	90	12	7,5	
3 „	90	11	8,18	
4. „	90	11	8,18	
5. Min.	365	45		8,11
im Ganzen	2005	227		
Durchschn.	100,25	11,35		8,33

b) Sauerstoff 75 Vol. pCt.
Kohlensäure 25 „ „

Zeit.	Athemgrösse in C.-C.	Zahl der Athemzüge.	Durchschnittsgrösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.	
1. Viert.	145	16	9,60	
2. „	250	15	17,33	
3. „	275	15	18,33	
4. „	195	11	17,33	
1. Min.	875	57		15,35
1. Viert.	70	6	16,67	
2. „	70	7	10	
3. „	60	7	8,57	
1. „	70	8	8,75	
2. Min.	270	28		9,61
1. Viert.	50	7	7,14	
2. „	90	10	9	
3. „	40	6	6,67	
4. „	45	7	6,43	
3. Min.	225	30		7,5
1. Viert.	45	8	5,62	
2. „	55	8	6,87	
3. „	60	8	7,5	
4. „	60	8	7,5	
4. Min.	220	32		6,87
1. Viert.	60	9	6,67	
2. „	90	11	8,18	
3. „	50	8	6,25	
4. „	55	9	6,11	
5. Min.	255	37		6,89
1. Viert.	55	8	6,87	
2. „	55	8	6,87	
3. „	75	9	8,33	
4. „	65	9	7,22	
6. Min.	250	34		7,35
1. Viert.	60	9	6,67	
2. „	65	9	7,22	
3. „	60	9	6,67	
4. „	60	9	6,67	
7. Min.	245	36		6,81
1. Viert.	65	8	8,12	
2. „	55	9	6,11	
3. „	55	9	6,11	
4. „	60	8	7,5	
8. Min.	235	34		6,81
1. Viert.	50	9	5,56	
2. „	75	10	7,5	
3. „	55	9	6,11	
4. „	50	8	6,25	
9. Min.	230	36		6,39
1. Viert.	45	9	5	
2. „	45	8	5,62	
3. „	80	8	10	
4. „	55	9	7,22	
10. Min.	235	36		7,12

Digitized by Google

Zeit.	Athem-grösse in C.-C.	Zahl der Athem-züge.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	80	9	8,89
2. „	75	9	8,33
3. „	70	9	7,78
4. „	65	9	7,22
11. Min.	290	36	8,06
1. Viert.	65	10	6,5
2. „	55	9	6,11
3. „	45	8	5,62
4. „	50	8	6,25
12. Min.	215	35	6,17

Versuch IV.

Weisses Kaninchen von mittlerer Grösse.

a) Atmosphärische Luft.

Zeit.	Athem-grösse in C.-C.	Zahl der Athem-züge.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	90	12	7,5
2. „	105	12	8,75
3. „	110	12	9,17
4. „	105	12	8,75
1. Min.	410	48	8,54
1. Viert.	105	11	9,55
2. „	105	11	9,55
3. „	100	11	9,09
4. „	100	11	9,09
2. Min.	410	44	9,32
1. Viert.	90	11	8,18
2. „	100	11	9,09
3. „	95	11	8,64
4. „	100	11	9,09
3. Min.	395	44	8,75
1. Viert.	100	11	9,09
2. „	95	11	8,64
3. „	95	10	9,5
4. „	90	11	8,18
4. Min.	380	43	8,84

Zeit.	Athem-grösse in C.-C.	Zahl der Athem-züge.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	90	12	7,5
2. „	85	11	7,73
3. „	90	10	9
4. „	95	11	8,64
5. Min.	360	44	8,18
im Ganzen	1945	223	
Durchschn.	97,25	11,15	8,72

b) Sauerstoff 90 Vol. pCt. Kohlensäure 10 „ „

Zeit.	Athem-grösse in C.-C.	Zahl der Athem-züge.	Durchschnitts-grösse der einzelnen Athemzüge in C.-C.
1. Viert.	95	13	7,31
2. „	230	15	15,33
3. „	210	13	16,15
4. „	240	15	15
1. Min.	775	56	13,84
1. Viert.	185	13	14,23
2. „	160	11	14,55
3. „	135	10	13,5
4. „	115	10	11,5
2. Min.	595	44	13,52
1. Viert.	100	10	10
2. „	130	10	13
3. „	90	9	10
4. „	110	11	10
3. Min.	430	40	10,75
1. Viert.	155	13	11,92
2. „	150	11	13,64
3. „	130	10	13
4. „	140	12	11,67
4. Min.	575	46	12,5
1. Viert.	150	12	12,5
2. „	150	12	12,5
3. „	105	10	10,5
4. „	145	12	12,08
5. Min.	550	46	11,96
1. Viert.	115	11	10,45
2. „	110	10	11
3. „	105	10	10,5
4. „	105	10	10,5
6. Min.	435	41	10,61

Digitized by Google

Bei jedem dieser Versuche sehen wir in der ersten Minute eine so bedeutende Vermehrung der Athemgrösse, dass sie bisweilen das Doppelte der gewöhnlichen noch übersteigt, während beim gänzlichen Mangel der Athmungsluft an Sauerstoff die Athemgrösse nie das Doppelte der gewöhnlichen erreichte. Diesen Einfluss müssen wir nothwendig der Einwirkung der Kohlensäure zuschreiben und um so mehr noch, da wir gar nicht annehmen können, dass bei dem bedeutenden Gehalte der Athmungsluft an Sauerstoff im Blute ein Mangel daran entstehe. Wenn aber ein Mangel an Sauerstoff im Blute entstände, so könnte derselbe nur sehr allmählig entstehen, wie wir einestheils aus der langen Zeitdauer schliessen müssen, welche das Thier in dieser Athmosphäre zu leben vermag, anderentheils aus der allmählig sinkenden Athemgrösse, welche eine allmählige Abnahme der Leistungsfähigkeit der Respirationsorgane und als Grund hiervon ein nur langsames Sinken des Stoffwechsels voraussetzt. In der ersten Zeit der Versuche würde also der Sauerstoffgehalt des Blutes jedenfalls nicht bedeutend gesunken sein. Durch eine geringe Abnahme des Sauerstoffgehaltes wird eben keine sehr grosse Veränderung in der Grösse der Athmung hervorgerufen, wie uns die früher angegebenen Versuche zeigen. Die im Blute sich häufende Kohlensäure muss also die verstärkte Respirationsthätigkeit hervorgerufen haben. Dass die Athemgrösse im Verlaufe der Versuche trotz des immer stärker werdenden Reizmittels abnehmen muss, kommt daher, dass die einzelnen Organe in Folge der giftigen Einwirkung der Kohlensäure ihre Reizbarkeit und Leistungsfähigkeit nach und nach verlieren. Somit mussten wir also annehmen, dass der Sauerstoffmangel sowohl, als die Kohlensäure auf das Centralorgan der Athemmuskeln einen Reiz ausübe; beide gefährden das Fortbestehen des Organismus, beide sind auch die erste Ursache ihrer Entfernung. Sie üben einen Reiz auf das Centralorgan aus, von dem aus dann die Athembewegungen ausgelöst werden; hierdurch wird der Sauerstoffmangel aufgehoben, die Kohlensäure entfernt; durch den Stoffwechsel wird aber wieder von dem im Blute enthaltenen Sauerstoffe verbraucht und dafür Kohlensäure gebildet, es muss also wieder neuer Sauerstoff auf-

Digitized by Google

genommen, Kohlensäure entfernt werden. Je weniger Sauerstoff also in das Blut aufgenommen, je schneller derselbe verbraucht wird, je schwieriger die Kohlensäure entfernt werden kann, oder je schneller sie durch den Stoffwechsel gebildet wird, desto grösser muss der Reiz sein, der auf das Centralorgan einwirkt, desto grösser muss die Tiefe oder die Zahl der Athemzüge sein.

Nachschrift. Ich habe im Vorhergehenden die Arbeit so publicirt, wie sie am 1. Mai 1864 der Bonner medicinischen Facultät präsentirt worden ist. Es mussten demgemäss alle neueren wichtigen Untersuchungen über den gleichen Gegenstand unberücksichtigt bleiben, sowie auch hier noch die Annahme festgehalten wurde, dass der Sauerstoff bei der Entbindung der Kohlensäure in den Lungen keinerlei Bedeutung habe, was nach neueren Erfahrungen bezweifelt werden könnte.

W. Dohmen.

Digitized by Google

VI.

Ueber die electrischen Empfindungen.

Von

E. Pflüger.

In einem Programme: „Disquisitiones de sensu electrico," Bonn, 1860, habe ich Untersuchungen über den Einfluss electrischer galvanischer Ströme auf die Gefühls- und Sinnesnerven veröffentlicht, welche Uebereinstimmungen der Functionen derselben mit denen der motorischen Nerven darzuthun geeignet waren. Leider sind diese in lateinischer Sprache mitgetheilten Forschungen den Fachgenossen nicht vollständig bekannt geworden, wie ich mich aus der neueren Literatur überzeugen musste. Dies ist der Grund, warum ich im Folgenden die deutsche Bearbeitung mit einigen kleinen Abänderungen und Zusätzen folgen lasse.

Als ich mein Buch über die Physiologie des Electrotonus veröffentlichte, abstrahirte ich aus den von mir gewonnenen Thatsachen eine allgemeine Theorie der electrischen Reizung des motorischen Nerven. Es war dies eine Theorie, welche nicht bis zu den Moleculen der Nervenmaterie zurückging, gleichwohl aber von den vorhandenen Thatsachen Rechenschaft abzulegen und dieselben unter einen Gesichtspunkt zu bringen vermochte. Diese Theorie basirte auf einer Voraussetzung über die Gesetze, nach welchen sich die verschiedenen Molecularwellen, welche im Nerven durch Anelectrotonus und Katelectrotonus erregt werden, fortpflanzen und superponiren. Ich

Digitized by Google

habe bekanntlich nachgewiesen, dass, gleichgültig, welches die Stromesrichtung im Nerven sei, stets am positiven Pole ein anderer, aber bestimmter Zustand als am negativen im Nerven entsteht. Der Zustand des positiven Poles ist charakterisirt zunächst durch eine Abnahme der Erregbarkeit des Nerven und der Fähigkeit, in den electrotonischen Zustand durch einen neuen Strom versetzt zu werden. Der Zustand am negativen Pole aber ist charakterisirt durch eine Vermehrung der Erregbarkeit und, wie es scheint, der Fähigkeit, einen neuen electrotonischen Zustand durch einen zweiten Strom anzunehmen. Zwischen beiden Polen geht der eine Zustand in den andern über. Ich habe den Punkt des Ueberganges den Indifferenzpunkt genannt. Nennt man den am positiven Pol auftretenden veränderten Molecularzustand Anelectrotonus, den am negativen aber Katelectrotonus, so wurde das Gesetz so von mir gefasst:

„dass das Entstehen des Katelectrotonus und das Ver-
„schwinden des Anelectronus, nicht aber das Entstehen
„des Anelectrotonus und das Verschwinden des Katelec-
„trotonus den Nerven errege."

Zur Zeit als ich mein Buch veröffentlichte, vermochte ich gewisse Theile dieser Theorie nur ungenügend zu begründen. Seit der kurzen Zeit hat sich nun eine neue Reihe von Thatsachen durch die eifrig forschende Physiologie ergeben, welche theils unmittelbar aus meiner Hypothese vorhergesagt worden sind, theils durch sie wiederum erklärt werden können. Ich wünsche hier zunächst einmal die noch nicht erklärten, dann die neuen Thatsachen mit meiner Theorie in Einklang zu setzen — endlich aber eine Reihe neuer Untersuchungen vorzulegen, welche gleichfalls aus meiner Theorie abgeleitet worden sind und dieselbe auf's Neue bestätigt haben.

Um ein übersichtliches und harmonisches Bild des ganzen Gebietes zu erhalten, wird es vielleicht vortheilhaft sein, wenn ich das an verschiedenen Orten von mir über die Theorie der Reizung Dargelegte hier noch kurz mit einflechte.

Ich beginne mit der Erklärung des Gesetzes der Zuckungen und zwar zunächst für den aufsteigenden Strom und den frischen, nicht modificirten Nerven.

Der schwächste Strom giebt Schliessungs- und keine Oeff-

Digitized by Google

nungszuckung. Dies findet darum statt, weil der Katelectrotonus im Allgemeinen stärker erregt als der Anelectrotonus und hier ausserdem die durch den Katelectrotonus hervorgebrachte Reizung in einer höheren Region des Nervus ischiadicus sich befindet, als die durch den Anelectrotonus bedingte. Gleiche Reize wirken aber heftiger, wenn sie höhere Stellen des Nervus ischiadicus afficiren, wie ich dies bereits früher gezeigt habe. Wird ein mittelstarker aufsteigender Strom angewendet, so beantwortet das frische, nicht modificirte Präparat die Schliessung und Oeffnung mit kräftiger Zuckung. Beides ist klar; denn mit dem Wachsen der Stromstärke wächst Katelectrotonus und Anelectrotonus. Mit dem Wachsen des Anelectrotonus wächst die Oeffnungsreaction in Uebereinstimmung mit dem Gesetze. Die Schliessungsreaction kann natürlich nur so lange wachsen, als noch nicht das Zuckungsmaximum erreicht ist, wiewohl man nicht vergessen darf, dass für die Schliessung eines constanten Stromes ein anderes Zuckungsmaximum und zwar ein grösseres existirt, als für den Inductionsschlag. Es muss dies seinen Grund haben in der Dauer der Reizung, welche eben bei der Schliessung des constanten Stromes viel länger ist, als wenn der Inductionsschlag den Nerven durchfährt, darum nämlich, weil der constante Strom eigentlich und besonders stark im Anfange tetanisirt. Hiermit in Uebereinstimmung ist denn auch, dass die Hubhöhen (Maxima), welche durch den constanten Strom hervorgebracht werden, seltner gleich gross sind, mehr schwanken, als dies mit dem Oeffnungsinductionschlage beobachtet wird. Ferner weist auf diese Erklärung noch der Umstand hin, von dem ich mich oft an dem rotirenden Myographion von H. Helmholtz überzeugt habe, dass die durch deu constanten Strom hervorgebrachten Zuckungen meistens längere Zeit dauren, als diejenigen, welche der Inductionsschlag hervorbringt. Es ist dies ganz in Uebereinstimmung mit dem, was Helmholtz bereits gefunden, als er die Wirkungen mehrerer Inductionsschläge studirte, welche nach einander auf den Nerven applicirt werden.

Verstärkt man den aufsteigenden Strom noch mehr, so erzeugt selbst bei dem frischesten, reizbarsten Nerven die Schliessung keine Wirkung mehr, während der Oeffnung stets eine heftige Zuckung nachfolgt, die immer vorhanden ist, so stark auch der

Digitized by Google

Strom sein möge. Ritter stellt eine 6te Stufe auf, für welche er keine Schliessungs- und keine Oeffnungsreaction statuirt. Bekanntlich sagt er nun, dass man bei einem frischen Präparat eine um so höhere Stufenleiter seiner Scala beobachte, je stärker der Strom sei, den man anwende. Folglich müsste man bei ausreichender Stärke des aufsteigenden Stromes weder bei der Schliessung, noch bei der Oeffnung Zuckung erhalten. Bei der hohen Feinheit der Beobachtung und dem bewunderungswürdigen Talent Ritter's glaubte ich nicht unterlassen zu dürfen, diese Angabe direct mit hohen Stromeskräften zu prüfen. Ich nahm zu dem Ende eine 16elementige Grove'sche Säule mit der stärksten Säure gefüllt im besten Zustande und schalte den Nerven mit einer Länge von nur 1 Mm. ein, indem ich demselben Zinkelectroden anlegte. Aber es erschien dennoch die Oeffnungszuckung ganz evident. Denselben Versuch habe ich mehrere Male mit gleichem Erfolge wiederholt. Der Strom war so stark, dass er sehr bald den Nerven zerstört hatte. Gleichwohl mag vielleicht doch bei noch höheren Stromeskräften, als sie mir zu Gebote standen, etwas ähnliches beobachtet werden, wie es Ritter angiebt. Ja es scheint, dass bei gewissen Verhältnissen die von ihm angegebene Stufe mit Nothwendigkeit beobachtet werden müsse. Meine Vorstellung hierüber ist folgende. So lange der Nerv bei der Oeffnung des Stromes noch Zuckung giebt, so lange ist er auch noch zwischen den Polen bis zu gewissem Grade leistungsfähig. Denn die Oeffnungszuckung zeigt uns ja die Rückkehr aus einem fremden Zustand nach dem natürlichen an. Diese Rückkehr kann nur durch die in dem Nerven vorhandenen Kräfte bewirkt, jener veränderte Zustand aber nur durch die intrapolare Strecke erhalten werden. Wenn aber während der Schliessung der aufsteigende Strom selbst die intrapolare Strecke zerstört und dies so langsam geschieht, dass das Verschwinden des anelectrotonischen Zustandes nicht mehr Reizung bewirken kann, so muss die Oeffnung des aufsteigenden Stromes ohne Reaction von Seiten des Präparates bleiben, weil es eben getödtet ist. So erklärte sich, dass allerdings bei gewissen sehr hohen Stromstärken Ritter's höchste Stufe erscheinen könnte.

Digitized by Google

Dass nun die Schliessung des starken aufsteigenden Stromes ohne Wirkung bleibt, erklärt sich leicht daraus, dass eben bei einer gewissen Stärke des Anelectrotonus die Erregbarkeit in der von ihm beherrschten Strecke fast bis auf Null sinkt, so dass er nicht allein die directe Reizbarkeit, sondern auch die Fähigkeit, die Reizung zu leiten, verliert. Es vermögen also die von der Region des Katelectrotonus anlangenden Innervationswellen nicht durch die Region des positiven Poles zu gelangen, an welcher sie branden und verlöschen.*)

---

*) Anmerkung. In der allerneuesten Zeit hat Budge noch die hier zu besprechende Behauptung aufgestellt, dass bei sehr hohen Stromeskräften auch Schliessungszuckung durch den aufsteigenden Strom bewirkt werden könne. Es ist offenbar ganz klar, dass es so gewaltige Ströme geben muss, welche in einem Moment die durchflossene Strecke vernichten, also wie ein Scheerenschnitt wirken können. Dies wird wohl nichts gegen die Richtigkeit meines Zuckungsgesetzes zu beweisen vermögen.

Ferner mag es vorkommen, dass Stromschleifen bei ausserordentlicher Stromeskraft von dem dem Muskel näheren Pol ein Stück weit in die extrapolare Strecke der Nervenfaser mit mässiger Dichte hereinragen, so dass ein Theil der Fasern absteigend, ein anderer aufsteigend durchflossen wird und Erscheinungen darbietet, welche dem absteigenden oder dem aufsteigenden schwachen Strome zukommen. Ich kann es nicht gerechtfertigt finden, Gesetze zu verdächtigen, ohne sie zu widerlegen, indem man Bedingungen aufsucht, unter welchen störende, schwer oder nicht zu beseitigende Nebenumstände die strenge Prüfung unmöglich machen.

Aehnliches habe ich Heidenhain entgegenzuhalten wegen seiner Behauptung, dass die Erregbarkeit des N. ischiadicus dicht am Gastrocnemius gegen den Muskel zu ansteige. Habe ich nicht bewiesen, dass der blosse Nervenstrom die Erregbarkeit nachweisbar verändert? Denkt Heidenhain nicht daran, dass der so viel stärkere Strom des M. Gastrocnemius die hier in Betracht kommenden intramuscularen Fasern des Nerven, ehe sie die Berührung des Muskels aufgeben, höchst wahrscheinlich in aufsteigender Richtung durchfliesse, also die Kniebeugepartie des Nerven in erhöhte Erregbarkeit versetze? Mir selbst ist bei meinen Zahlen nicht entgangen, dass die Curve der Erregbarkeit in der Nähe des Muskels zuweilen eine Veränderung erfährt. Das Natürlichere war mir, hier an den stark electrischen Muskel zu denken, statt an so gewagte Dinge, wie sie uns Heidenhain vorführt. Jene Veränderung bestand in den mir zur Erfahrung gekommenen Fällen darin, dass die Curve in der Kniebeuge mit der Abscisse parallel lief. Ganz dicht an den Muskel heranzugehen unterliess ich, weil ein etwaiges geringes Ansteigen der Curve hier doch gar nichts beweisen konnte. Nach den Untersuchungen von Funke muss es übrigens noch dahin-

Digitized by Google

Wenden wir uns jetzt zu dem Gesetze der Zuckungen, welche durch den absteigenden Strom hervorgebracht werden, so zeigt sich hier bei schwachem Strom dasselbe Verhalten, wie beim aufsteigenden Nerven. Wir sehen eine Wirkung bei der Schliessung und keine bei der Oeffnung. Ich erkläre diese Erscheinung, die erste Stufe des Gesetzes der Zuckungen, welche der absteigende Strom hervorbringt, aus der Theorie, dass der Katelectrotonus ein mächtigerer Erreger als der Anelectrotonus ist, so sehr, dass hier sogar der Vortheil compensirt wird, welcher dem Anelectrotonus zukam, der eine centralere Stelle des Nervus ischiadicus einnahm. Mit dem Wachsen der Stromstärken wachsen Schliessungs- und Oeffnungszuckung und erreichen ihr Maximum. Sie wachsen, weil Katelectrotonus und Anelectrotonus mit der Stromstärke zunehmen. Sobald der Strom aber eine gewisse Grenze überschreitet, verschwindet die Oeffnungszuckung, während die Schliessungszuckung bestehen bleibt. Die Schliessungszuckung hat ihren Grund in dem Entstehen des Katelectrotonus, welchen nichts verhindert, sich nach dem Muskel fortzupflanzen. Die Oeffnungsreaction ist durch das Verschwinden des Anelectrotonus bedingt, von welchem aus die Reizung nicht nach dem Muskel zu gelangen vermag, weil eine sehr starke negative Modifikation jetzt auf der ganzen Region Platz greift, auf welcher vorher der Katelectrotonus vorhanden war. Bei starken Strömen hebt diese negative Modifikation die Leitungsfähigkeit des Nerven in den Strecken auf, die sie befällt. Die Existenz dieser negativen, äusserst kurz dauernden Modifikation ist durch Obernier in meinem Laboratorium direkt nachgewiesen worden.

Vergleichen wit nun die Intensität der Wirkung bei Schliessung und Oeffnung je nach der Richtung des Stromes. Der aufsteigende Strom giebt eher als der absteigende bei der

---

gestellt bleiben, ob die Behauptung Heidenhain's richtig ist. Bei meiner Anschauung der Sache dürfte dieselbe auf keinem constanten Resultate beruhen, weil hier die Parelectronomie und der zufällige relative Verlauf der intramuskularen Nervenfasern gegen die Muskelfasern des Gastrocnemius wesentlich in Betracht kommt.

Digitized by Google

Schliessung Wirkung; bei der Oeffnung aber giebt der absteigende sie eher als der aufsteigende. Dies ist in vollendeter Uebereinstimmung mit der Theorie.

Denn bei Schliessung des aufsteigenden Stromes ist die Reizung in der oberen, bei Schliessung der absteigenden in der unteren Nervenhälfte. Also ist die Schliessung des aufsteigenden wirksamer, als die des absteigenden.

Bei der Oeffnung des absteigenden Stromes ist die Reizung in der oberen, bei der des aufsteigenden in der unteren Hälfte des Nervus ischiadicus; also ist die Oeffnung des absteigenden der des aufsteigenden überlegen.

Es ist nun bekannt, dass unter Umständen das Gesetz der Zuckungen auch anders beobachtet wird, als ich es dargestellt habe. In diesem Falle hat man es aber nicht mehr mit dem Nerven zu thun, wie er während des unversehrten Lebens beschaffen ist, sondern mit einem solchen, der entweder durch vorangegangene Reizungen oder bereits durch das Absterben mehr oder weniger verändert erscheint.

v. Bezold und Rosenthal haben diese Variationen des Gesetzes der Zuckungen während des Absterbens des Nerven erforscht und sind zu merkwürdigen Resultaten gelangt.

Sie haben 3 Phasen des Absterbens unterschieden. Die erste Phase umfasst diejenigen Zustände, welche denen des Lebens so nahe stehen, dass sich das Gesetz der Zuckungen nicht merkbar verändert hat.

Es giebt also bei schwächstem Strome nur die Schliessung, nicht die Oeffnung Wirkung, welches auch die Richtung des Stromes sei. Hierauf kommt das zweite Stadium. Derselbe schwache Strom giebt jetzt Schliessungs- und Oeffnungszuckung, welches auch die Richtung des Stromes sei. Schwächt man aber wieder die Stromstärke ausreichend ab, so giebt der absteigende Strom jetzt nur Oeffnungszuckung, also umgekehrt, wie im ersten Stadium.

Diese Erscheinungsweise hat man bekanntlich bis jetzt das verkehrte Nobili'sche Gesetz genannt.

Einige Zeit hierauf kommt das dritte Stadium. Jetzt giebt der schwache Strom nur Schliessungszuckung, wenn er absteigende

Digitized by Google

gend ist, also wieder wie im ersten Stadinm, und entgegengesetzt wie im zweiten; derselbe erregt aber nur Oeffnungszukung, wenn er aufsteigend ist, also umgekehrt, wie in den vorigen Stadien.

Letzteres Stadium wäre im Sinne des bis dahin nicht richtig aufgefassten Nobili'schen Gesetzes.

Ich erkläre mit Hülfe meiner Theorie diese Erscheinungen folgendermassen.

Doch ist es zunächst nothwendig, daran zu erinnern, wie ein heraus präparirter Nerv abstirbt. Vom Augenblicke der Präparation an steigt nach Rosenthal's und meinen Erfahrungen die Erregbarkeit fortwährend auf allen Punkten erreicht ein Maximum, sinkt darauf stätig bis auf Null.

Je näher dem Querschnitt, um so geschwinder folgen sich diese Vorgänge einander, so dass man zur bequemeren Uebersicht vor der Hand die Sache so ansehen kann, als ob vom Querschnitte aus nach dem Muskel zu der Nerv abstürbe.

Sobald im zweiten Stadium der beliebig gerichtete Strom sowohl bei Schliessung als Oeffnung Reaction giebt, ist die Region der erhöhten Erregbarkeit bis über und zwischen die Electroden herabgestiegen. Doch hat die centrale Strecke einen viel stärkeren Erregbarkeitszuwachs, als die peripherische erfahren.

Derselbe Reiz greift jetzt empfindlichere Nerventheile an und *ist* darum wirksamer. Schwächen wir den Strom ausreichend ab, so giebt der aufsteigende nur Schliessungszuckung, darum nämlich, weil die Schliessung in ihrer Wirkung jetzt noch mehr im Vortheil ist, als beim normalen Nerven; denn oberhalb der Electroden hat ein grösserer Erregbarkeitszuwachs stattgefunden, als unterhalb. Wie ist es aber beim absteigenden Strom? Die Oeffnung desselben hat jetzt die Oberhand über die Schliessung erlangt, weil nämlich bei der Oeffnung die Reizung in einer so sehr viel empfindlicheren Nervenpartie Platz greift, als bei der Schliessung. Der Umstand, dass die Oeffnungsreaction beim absteigenden Strom eine centralere Stelle des Nervus ischiadicus trifft, bewirkt ohnehin schon, dass sie an Wirksamkeit der sonst kräftigeren Schliessungsreaction nur um Weniges beim normalen

Digitized by Google

Nerven nachsteht. Gewöhnlich hatten die Experimentatoren den durchschnittenen Querschnitt mit im Kreise und sahen deshalb Erscheinungen des Zuckungsgesetzes am scheinbar ganz frischen Nerven, die doch schon in das zweite Stadium des Absterbens gehörten. Hierauf kommt das dritte Stadium. Die Curve der Erregbarkeit der Nerven hat jetzt ihr Maximum unterhalb der Electroden. Alle Reizungen, die nun in der unteren Nervenhälfte ihren Sitz haben, werden jetzt die Oberhand haben. Nothwendig ist also jetzt die Schliessung des absteigenden Stromes, und die Oeffnung des aufsteigenden die starke Anordnung, die es auch ferner bleiben muss. Man sieht, wie sehr einfach sich aus meiner Theorie diese schöne Phasenreihe ableiten lässt.

Ich habe bis dahin das sogenannte Nobili'sche Gesetz nicht aus meiner Theorie erklärt und will dies darum hier nachträglich thun. Es ist indessen vorerst nothwendig, dass ich in Kurzem auseinandersetze, was ich unter dem Nobili'schen Gesetze verstehe. Bekanntlich bringt ein Strom von mittlerer Stärke — (Schliessungs- und Oeffnungszuckung) — bei längerem Durchströmen und öfterem Oeffnen und Schliessen eine derartige Veränderung des Präparates hervor, dass bei der aufsteigenden Stromesrichtung die Schliessungszuckung, bei der absteigenden die Oeffnungszuckung an Stärke abnimmt, ja verschwindet. Es lässt sich dies mit anderen Worten so ausdrücken, dass man sagt, es wirke der schwächere Strom, nach längerer Durchströmung der Nerven so, wie sonst auf den frischen Nerven der stärkere.

Für den aufsteigenden Strom ist die Erklärung bereits angedeutet durch die von mir gefundene Thatsache der Zunahme des Anelectrotonus mit der Dauer der Schliessung, resp. der Verschiebung des Indifferenzpunktes. Die Erscheinungsweise des Nobili'schen Gesetzes bei dem absteigenden Strome muss hiergegen mit hoher Wahrscheinlichkeit darin gesucht werden, dass die negative Modifikation durch die Dauer der Einwirkung des Stromes an Stärke zunimmt, während die Stärke der Reizung im Gebiete des Anelectrotonus vielleicht sinkt.

Eine sehr wichtige Folgerung für die Theorie der electri-

Digitized by Google

schen Reizung habe ich aus meinem Gesetze gezogen mit Bezug auf die zeitlichen Vorgänge bei der Fortpflanzung der Erregung, je nachdem dieselbe durch den auf- oder absteigenden Strom, durch die Schliessung oder Oeffnung hervorgebracht ist. Wenn nämlich wirklich bei der Schliessung nur der negative Pol der reizende ist, d. h. das ganze Gebiet des Nerven, in welchen der Katelectrotonus einbricht, so muss caeteris paribus die Schliessungszuckung des absteigenden Stromes später nach der Schliessung der Kette kommen, als die Schliessungszuckung des aufsteigenden, obgleich die Electroden in beiden Fällen unverrückt am Nerven liegen bleiben.

Ferner würde aber caeteris paribus nothwendig sein, dass die Oeffnungszuckung des absteigenden Stromes später als die Oeffnungszuckung des aufsteigenden Stromes käme. Ferner müsste bei unveränderter Electrodenlage die Zuckung nach der Schliessung des absteigenden Stromes früher eintreten, als nach der Oeffnung, während für den aufsteigenden Strom das umgekehrte Verhältniss stattfinden würde. Ich habe diese Folgerung meinen Zuhörern, unter denen sich die Herren v. Bezold, Hermann, Wilh. Kühne, Munk, Isidor Rosenthal u. A. befanden, in Berlin in meiner Vorlesung mitgetheilt. Herr v. Bezold hat die Güte gehabt, diesen Gedanken zu prüfen und durch das Experiment zu bestätigen.

Nachdem ich auf diese Weise, wie ich glaube, für die Physiologie der electrischen Reizung des motorischen Nerven ein allgemeineres Verständniss gewonnen hatte, suchte ich auf ein neues Gebiet mein Gesetz auszudehnen.

Wenn die von du Bois-Reymond eingeführte Vorstellung von der Identität aller leitenden Nervenfasern richtig ist, so muss für die Empfindungs- nnd Bewegungsnerven das Reizungsgesetz dasselbe sein; doch müsste sich wegen der verschiedenen örtlichen Anordnung das Gesetz der electrischen Empfindungen als des Umgekehrte von dem der Zuckungen erweisen.

Ich will bei der Darstellung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse zunächst meine Untersuchungen erzählen und sodann einen geschichtlichen Rückblick auf diejenigen werfen, welche die Gesetze der electrischen Empfindungen aufzusuchen bestrebt waren.

Digitized by Google

Die Darstellung der eigenen Untersuchung zerfällt in zwei Theile. In dem ersten mögen die Methoden, in dem zweiten die erhaltenen Resultate dargelegt werden.

Ich beabsichtige, die Untersuchung mit dem Frosche zu beginnen, mich zuerst auf den Boden objectiver, sicherer Forschung stellend, um von hier aus dann die weniger streng ausgeführten und ausführbaren subjectiven Versuche anderer Forscher zu prüfen und zu beurtheilen.

Zu dem Ende sollte der Frosch in passender Weise narkotisirt werden, damit sein Rückenmark leicht jede Erregung des Empfindungsnerven auf die motorischen Nerven übertrage.

Es wurde dem Frosche demgemäss ein kleiner Einschnitt seitlich in die Bauchdecken gemacht, so dass die aufgeblähte Lunge sichtbar wurde. Hierauf tauchte ich ein sehr feines, vorne wohl abgeschmolzenes Glasstäbchen in die Strychninlösung, um den sehr kleinen Tropfen dann auf die Aussenfläche der Lunge zu wischen, worauf die Vergiftung meist sehr schnell eintritt. — Nicht weniger zweckmässig ist es, von einer am Rücken angebrachten Muskelwunde aus den Frosch durch ein Tröpfchen Strychninlösung zu vergiften. Nach der Application lässt man das auf einem Brettchen wohl befestigte Thier ruhig sitzen und prüft durch einen leisen Schlag an dasselbe mit irgend einem harten Gegenstande, ob die Reflexspannung eingetreten ist. Dies giebt sich sofort dadurch zu erkennen, dass der Kopf des Frosches in die Höhe und etwas zurückgeworfen, das Auge rasch eingezogen und geschlossen wird. Durch blosses Zusammenfahren des Frosches aus Schreck muss man sich nicht täuschen lassen. Wendet man diese hier von mir angegebene Methode der Narkotisation an, so wird man des grossen Vortheils für solche Untersuchungen theilhaftig, dass zwar das Rückenmark äusserst empfindlich auf peripherische Reizung reagirt, aber niemals oder selten mit tetanus, sondern stets mit nur einer einzigen Zuckung. Auf momentane Reizungen des Nervus ischiadicus, der noch mit der medulla spinalis in Verbindung steht, reagirt der ganze Frosch mit einer momentanen Zuckung gerade so wie der Musculus Gastrocnemius. Erst nach vielen Minuten steigert sich die reflectorische Spannung, welche

Digitized by Google

durch die Vergiftung hervorgebracht ist, so stark, dass der einmaligen momentanen Reizung eines peripherischen Nerven reflectorischer Tetanus nachfolgt.

Auf diese Weise sind die Untersuchungen gerade so leicht und einfach, als hätte man es mit dem stromprüfenden Schenkel und nicht mit dem ganzen Thiere zu thun.

Vergiftet man von dem Munde aus, so ist es aus verschiedenen Gründen schwieriger, den richtigen Grad der Vergiftung herbeizuführen, ein Umstand, den du Bois-Reymond ja bereits so misslich fand, dass an ihm fast sein Bestreben scheiterte, die durch den Strychnintetanus erzeugte negative Schwankung darzuthun. Nichts ist indessen leichter, als diesen in einem beliebigen Augenblick hervorzubringen, indem man den Frosch nach meiner Methode vergiftet und dann plötzlich seine Haut streift, oder die Unterlage dauernd erschüttert. Der Tetanus verschwindet augenblicklich nach Wegnahme des Reizes und dauert doch so lange als dieser. Es wird nunmehr möglich sein, viele Aufgaben, die sich auf die Empfindungsnerven beziehen, zu lösen, wie dies bereits die vorliegende Frage bestätigt.

Eine zweite durchaus nothwendige Vorsichtsmassregel verlangt, dass das vergiftete Thier vor jedweder Erschütterung bewahrt bleibt. Die durch die nothwendigen Manipulationen mit den electrischen Apparaten hervorgebrachten Erschütterungen dürfen sich nicht auf dasselbe fortpflanzen können. Zu dem Ende habe ich den vergifteten Frosch stets auf ein Consol gebracht, das in der Mauer befestigt war, während die electrischen Apparate auf einem Tische standen.

Um endlich der Störungen und Unsicherheiten überhoben zu sein, welche die Gegenwart eines Querschnittes am Nerven hervorbringt, legte ich den Nervus ischiadicus während seines Verlaufes am Oberschenkel ganz frei, unterband, so gut es ging, die blutenden Gefässe, und entfernte den Unterschenkel nicht, so dass dieser nur durch den Nervus ischiadicus noch mit dem Rumpfe in Verbindung stand.

Damit an den zu untersuchenden Empfindungsnerven kein freier Querschnitt angelegt werde, durfte natürlich auch die

Digitized by Google

Haut von dem Unterschenkel nicht entfernt werden, sowie man sich nach vollendeter Operation durch Reizung oder Kneifen der Haut überzeugen musste, dass die sensiblen und motorischen Fasern im präparirten Nervus ischiadicus noch sämmtlich leistungsfähig seien.

Der so präpärirte Frosch war dadurch auf einem Brettchen fixirt, dass kleine Nägelchen durch die Hände und die Füsse, sowie die Condyli femoris des nicht operirten Schenkels geschlagen waren, während der operirte Unterschenkel, der nur durch den Nervus ischiadicus noch mit dem Rumpfe zusammenhing, mit elastischen Ringen auf der Glasplatte des allgemeinen Trägers befestigt war, zu welchem Ende dieser Apparat neben dem Froschbrettchen noch passend auf dem Console aufgestellt war, so dass der Nervus ischiadicus nicht gezerrt wurde. Der lange Nervus ischiadicus war horizontal sanft ausgespannt.

Ich wandte mich nun zunächst dazu, das Gesetz der electrischen Empfindung für stärkere Ströme zu prüfen, weil dieses ja mit so grosser Schärfe und so grosser Verschiedenheit bei den Bewegungsnerven für die verschiedenen Stromesrichtungen heraustritt. Denn hier giebt Schliessung des aufsteigenden und Oeffnung des absteigenden gar keine, Oeffnung des aufsteigenden und Schliessung des absteigenden Stromes starke Wirkung. Bei den schwächeren Strömen aber ist ja am normalen Nerven das Verhalten das gleiche, gleichgültig ob der Strom die eine oder andere Richtung habe. Doch sind mit Bezug auf die Quantität der Wirkung für die Schliessung des schwachen Stromes zarte Unterschiede vorhanden: aber auch diese werden sehr leicht durch rasch erscheinende Veränderungen getrübt, welche der ausgeschnittene Nerv vom Querschnitt her erleidet.

Ich begann die Untersuchung mit einer grösseren Zahl von Grove'schen Elementen, indem ich von 4 begann und bis 16 derselben emporstieg. Letztere haben einen so starken Strom bei kürzerer Nervenstärke, die ich meist nicht über 5 Mm. wählte, dass der Nerv sehr rasch zerstört ist. Dieser Strom communicirte mit dem Nerven durch Vermittlung eines Pohl'schen Commutators, um denselben bald in auf-, bald in absteigender Richtung durch die thierischen Theile zu leiten.

Digitized by Google

Die Electroden, welche dem Nerven angelegt wurden, waren aus Zinn und standen im Allgemeinen 2 bis 5 Mm. von einander ab, was für die erhaltenen Resultate gleichgültig war. Die geringe Polarisation konnte die Resultate bei der gewaltigen electromotorischen Kraft der starken Ströme nicht trüben.

Um aber jeden möglichen Zweifel zu beseitigen, habe ich schliesslich die erhaltenen Resultate nochmals mit Hülfe unpolarisirbarer Electroden geprüft und bewährt gefunden. Diese Electrode war genau so, wie sie in meinem Werke über den Electrotonus beschrieben worden sind.

Damit die Schliessung des Kettenstromes stets einmal wie das andere Mal ausgeführt werde, habe ich dieselbe durch den electromagnetischen Fallapparat ausführen lassen, über welchen sich in meinem citirten Werke das Nähere findet. Die Quecksilberoberfläche wurde stets spiegelnd erhalten und die betreffende Schliessung mit amalgamirten Hacken bewirkt. Die Vergiftung des Thieres auf die bezeichnete Weise ausgeführt, wurde meist erst dann vorgenommen, wenn alles hergerichtet und der Frosch mit möglichster Vermeidung von Blutverlust präparirt war.

Meinem Gesetze der electrischen Reizung gemäss erwartete ich nun, dass, weil der starke Anelectrotonus nicht allein nicht erregt, sondern auch den Nerven zur Leitung der Reizung, welche durch das Entstehen des Katelectrotonus erzeugt ist, unfähig macht, die Schliessung des starken absteigenden Stromes durch den frei präparirten Nervus ischiadicus wirkungslos sein, während der Oeffnung, wegen des Verschwindens des Anelectrotonus eine heftige Reaction nachfolgen müsste. Bei absteigendem Strome wurde das Umgekehrte erwartet.

Als ich nun mit diesen Erwartungen den Versuch anstellte, ergab sich ein Resultat, welches im Allgemeinen der Voraussetzung entsprach, d. h. starke Wirkung bei Schliessung des absteigenden und Oeffnung des aufsteigenden. Hier war also auffallend, dass diejenige Anordnung, bei welcher sicher die Reaction Null beim Gesetze der Zuckungen erfolgt, oft noch schwache Wirkung gab, ja zuweilen auch eine starke.

Anfänglich dachte ich, es möchten wohl die Empfindungsnerven noch empfindlicher sein, oder vielmehr ihre Endapparate

Digitized by Google

im Rückenmark, als die Endapparate des motorischen Nerven, die Muskeln, wesshalb ich, um noch stärkeren Anelectrotonus hervorzubringen, die Stärke der Ströme, welche durch den Nerven geleitet wurden, noch weiter bis zu den durch 16 Grove'sche Elemente erzeugten steigerte. Das Verhalten war aber nunmehr nicht besser geworden, sondern eigentlich erfolgte jetzt öfter stärkere Wirkung, wo sie vermisst werden sollte; die normalen Wirkungen, starker Effekt bei Schliessung des aufsteigenden und Oeffnung des absteigenden Stromes, waren der Regel entsprechend in ausgesprochener und mächtiger Weise stets vorhanden.

Doch zeigte sich auch hier der höchst bemerkenswerthe Umstand, dass während der Schliessung des absteigenden Stromes der Frosch fast immer ganz regungslos war und dass die etwa vorhandene schwache Schliessungsreaction rasch absoluter Ruhe des Thieres Platz machte.

Bei der Schliessung des aufsteigenden Stromes erfolgt leichter ein Tetanus, der noch während der Schliessungsdauer anhält. Die ist genau so, wie bei dem Gesetze der Zuckungen, natürlich mutatis mutandis.

Wenn nun auch dieses allgemeine Verhalten in Uebereinstimmung mit dem Gesetze der Zuckungen sich herausgestellt hatte und die Erscheinungen mit diesem ganz in Einklang gesetzt werden konnten durch die Annahme, dass einmal die centralen Endapparate der Empfindungsnerven viel empfindlicher seien, als die peripherischen des motorischen, und dass ferner der stets starke Anelectrotonus wegen seines langsameren Anwachsens etwas von der durch den Katelectrotonus bedingten Reizung durch seine Region hindurchlasse, so befriedigte mich diese Ausflucht doch nicht. Ich ging nochmals mit aller Sorgfalt an die Prüfung der Resultate, bei welcher sich denn auch herausstellte, dass sie wirklich nicht ganz rein gewesen waren.

Die Sache ist nämlich folgende. Sobald der sehr starke Strom durch den Nervus ischiadicus geleitet wird, verfällt der gesammte Nerv in electrotonischen Zustand und zwar in so starkem Grade, dass die Aeste, welche in die Oberschenkelmuskeln und nach der Haut gehen, in secundäre Erregung

Digitized by Google

versetzt werden. Durch diese secundäre Zuckung wird die Haut des Frosches leicht auf der Unterlage verschoben und gereizt, so dass nun auf diesen Reiz eine schwache Reflexwirkung erfolgt. Diese ist also in höchst mittelbarer Weise durch die Schliessung des absteigenden oder Oeffnung des aufsteigenden Stromes erzeugt. Ausserdem aber wird sich bei ausreichend starkem Strome und geringerer Entfernung der Electroden vom Rückenmark leicht secundäre Erregung der Rückenmarksfasern einstellen und also im Rückenmark selber parodoxe Zuckung erzeugt werden.

Nachdem ich auf diese Betrachtung, als die mögliche Ursache der beobachteten Unregelmässigkeit aufmerksam geworden, waren auch die Mittel gefunden, das Gesetz der electrischen Empfindung in seiner vollen Reinheit darzustellen.

Ich bediente mich jetzt recht grosser Frösche, durchschnitt die Aeste, welche vom Nervus ischiadicus beim Austritt aus dem Becken von ihm nach den Muskeln des Oberschenkels abgehen, entfernte die Electroden des reizenden Stromes möglichst weit vom Rückenmarke, indem ich sie dicht über der Kniebeuge dem Nervus ischiadicus anlegte und bediente mich endlich schwächerer Ströme, welche durch 4 bis 6 Grove'sche Elemente der kleineren Art erzeugt werden, wie sie in meinem Werke über den Electrotonus genau beschrieben sind. Doch erhält man genaue Erscheinungen schon mit Hülfe bedeutend geringerer Stromeskräfte. Bei dieser Anordnung beobachtete ich niemals Wirkung bei Schliessung des absteigenden Stromes; sehr schwache oder keine bei Oeffnung des aufsteigenden, starke bei Schliessung des aufsteigenden und Oeffnung des absteigenden.

Wenn ich aber bis zum Abgange der Oberschenkeläste oder bis zum plexus sacralis mit den Electroden bei stärkerem Strome fortrückte, erschienen schwache Wirkungen, wo sie vorher nicht waren, also secundäre Erregungen. Je schwächer der Strom war, desto näher konnte ich dem Rückenmarke mich nähern, ohne dass die Klarheit des Gesetzes getrübt wurde.

Sorgt man demgemäss dafür, dass wie nothwendig die secundäre Zuckung nicht erscheine, so gilt das Gesetz in absoluter Reinheit, dass der Empfindungsnerv genau in derselben Weise auf den starken electrischen Strom reagirt, wie der motorische.

Digitized by Google

Ich habe sehr oft auch mit unpolarisirbaren Electroden diesen Versuch wiederholt und ihn stets sicher und ganz constant gefunden. Grosse Sorgfalt hat man natürlich auf die Isolirung des Stromes zu legen, sowie auf die des Froschkörpers und des Schenkels.

Der Versuch zeigte sich übrigens genau ebenso, wenn der Nervus ischiadicus über dem Unterschenkel durchschnitten war, welcher also dann natürlich entfernt wurde.

Ueber das Verhalten des auf der Glasplatte befestigten Unterschenkels sei es mir noch gestattet, Einiges zu erwähnen, was von Wichtigkeit ist. Dieser Schenkel alternirt mit den Zuckungen des Gesammtfrosches, d. h. zuckt, wenn dieser schweigt nnd schweigt, wenn dieser zuckt; obwohl doch jedesmal seine Nervenfasern am stärksten bei der Reizung betheiligt sind. Dies ist im Allgemeinen in Uebereinstimmung mit meinem Gesetze der Reizung.

Man bemerkt aber hierbei einen interessanten Umstand. Wenn der absteigende Strom geöffnet wird, der durch den Nervus ischiadicus floss, erfolgt eine gewaltige Reflexzuckung des ganzen Frosches; nur der eine Schenkel, welcher doch bei jeder Schliessung desselben Stromes **allein** am ganzen Körper so heftig zuckt, bleibt ganz ruhig. Warum strömt die Reizung nicht reflectorisch vom Rückenmarke zurück durch den eben gereizten Ischiadicus und versetzt den Unterschenkel in reflectorische Zuckung, so dass also scheinbar bei dieser Anordnung heftige Zuckung des Schenkels bei Oeffnung eines absteigenden Stromes entstände. Wir wären berechtigt, dieses zu erwarten, weil auf allen vorher anelectrotonisirten Strecken positive Modifikation vorhanden ist, und später auch auf allen katelectrotonisirten. Da nun unzweifelhaft eine solche Reflexströmung in den Ischiadicus des operirten Gliedes so gut wie in die anderen Gliedmassen zurückströmt, so sind wir auf's Neue gezwungen, anzunehmen, dass auch bei den stärksten Strömen dem Verschwinden des Katelectrotonus eine um so kürzer dauernde Phase negativer Modifikation nachfolgt, je stärker der Strom ist. Wir hatten ja, wie man sich erinnert, bereits bei der Erklärung des Zuckungsgesetzes für den absteigenden Strom diese Annahme machen müssen.

Digitized by Google

Wenn man die Identität der motorischen und sensiblen Nervenfasern zugiebt, so dürfte also meine Theorie abermals bestätigt sein, dass bei Schliessung und Oeffnung starker Ströme unter Umständen die Zuckung nicht darum ausbleibt, weil der Nerv nicht gereizt ist, sondern weil die Reizung sich vermöge eigenthümlicher Zustände des Nerven, die gewisse Strecken desselben behaften, sich nicht nach dem betreffenden Endapparate fortzupflanzen vermöge.

Ich bin nicht der Erste, welcher dieses Verhalten beobachtet hat, da es bereits von anderen Experimentatoren unter Umständen wahrgenommen ist. Wohl aber habe ich die Bedingungen ermittelt, unter welchen dieses wichtige Gesetz stets dargethan werden kann, was meine Vorgänger nicht thaten, weshalb man auch mit Rücksicht auf die ganz widersprechenden Angaben anderer achtbarer Forscher das Resultat bezweifelte.

Marianini, der ebenfalls diesem Kreise von Betrachtungen seine Aufmerksamkeit zuwandte, suchte seine Vorstellungen durch den objectiven Versuch zu bestätigen. Er meinte, dass, da die Electricität eine Contraction hervorbringt, wenn sie sich im Nerven von dem Ursprunge nach der Ausbreitung des Nerven verbreitet, so sei es wahrscheinlich, dass sie die umgekehrte Bewegung machen müsse, um eine Empfindung zu erzeugen.

Zu dem Ende hatte Marianini den Versuch ähnlich wie wir so hergerichtet, dass der Rumpf mit den Bauchgliedern nur noch durch die Nerven zusammenhing. Der Strom von 10 Elementen wurde nun in absteigender Richtung durch das ganze Thier geleitet, indem er durch die Arme ein-, durch die Füsse austrat. Nur die Schenkel zuckten. Während der Schliessung verhielt sich das Thier absolut ruhig, obwohl die Kette so geschlossen blieb. Da nur die Schenkel, nicht der Körper zuckte, obwohl der Strom doch auch durch den Körper ging, so muss er durch den grossen, ihm so gebotenen Querschnitt so viel an Dichte verloren haben, dass er zur Erregung der Nerven und Muskeln des Rumpfes unfähig war, wohl aber eine heftige Einwirkung auf die Nervi ischiadici, durch welchen die gesammten Electricitätsmengen sich ergossen, bedingte. Beim Schliessen des umgekehrten, also des aufsteigenden Stromes, entstand eine viel schwächere Zuckung, als vorher, und nach

Digitized by Google

einiger Zeit gab das Thier durch Bewegungen sein Misbehagen während der Stromesdauer zu erkennen; denn es traten Athmungsbeschwerden ein, der Frosch blähte sich auf und zog sein rechtes Bein aus dem Gefässe. Bei Oeffnung des aufsteigenden Stromes entstand Zuckung der Schenkel und Ruhe des Thieres. Diese Resultate waren aber unsicher, wie Marianini selbst berichtet, worüber man sich bei seiner Methode wenig wundern kann.

Marianini hat allerdings den Versuch auch so angestellt, dass der Strom nicht durch den Körper ging, sondern unmittelbar in den Nervus ischiadicus eingeleitet wurde, wo aber die Erscheinungen sich umkehrten. Dieses Verhalten ist, wie es scheint, bei dieser Anordnung nicht auffallend, weil nämlich nothwendig ein Stromzweig sich durch die Nerven und das Thier abgleicht. Da die Strombahn in den letzteren einen so grossen Querschnitt hat und die zwischen den Electroden befindlichen Theile des Nervus ischiadicus höchst wahrscheinlich länger waren als diejenigen, welche von den Electroden nach dem Thiere führten, so ergoss sich durch den extrapolaren Theil der Nerven ein mächtiger Strom. Es ist nun nach meiner Theorie klar, dass nur die aufsteigend von der Stromschleife durchflossene Nervenstärke die Wirkungen der Empfindung bestimmen konnte, sobald Marianini den Strom scheinbar absteigend durch den Nervus ischiadicus hindurchgehen liess. Denn der Nerv zerfällt hier in drei verschieden durchflossene Theile. Der oberste Theil ist aufsteigend, der zweite (zwischen den Electroden) absteigend, der dritte wieder aufsteigend durchflossen.

Marianini zieht aus seinen Erfahrungen den richtigen Schluss: dass das Eintreten des absteigenden Stromes Zuckung, sein Austritt Schmerz, das Eintreten des aufsteigenden Stromes Schmerz, sowie Austritt Zuckung hervorbringe. (S. Du-Bois, Bd. I., pag, 361.)

Auch Matteucci (s. Du-Bois, Bd. I., pag. 392) hat diesem Kreise von Thatsachen seine Aufmerksamkeit zugewandt und gelangte bei Prüfung der von Marianini gemachten Behauptungen über die Beziehung des Schmerzes zur Strömungsrichtung zu ziemlich ähnlichen Resultaten, wie dieser. Er lässt,

Digitized by Google

nachdem der Nervus ischiadicus in seinem ganzen Verlaufe bis zur Kniekehle frei präparirt ist und die übrigen Theile des Schenkels ganz und gar entfernt sind, durch denselben einen Strom in absteigender Richtung hindurchfliessen. Die Schliessung erzeugt Zuckung des Unterschenkels, die Oeffnung eine starke Reaction des Rumpfes. Derselbe Strom erzeuge aufsteigend beim Schlusse Reactionen des Frosches, während beim Oeffnen nichts als die Oeffnungszuckung erfolge. Zerstöre man den Nerven unterhalb der Applicationsstelle des absteigenden Stromes, so bewirke die Schliessung gar nichts, die Oeffnung aber eine Erschütterung des Rumpfes. Sei der Strom aufsteigend, so ergebe die Schliessung starke Wirkungen an dem Rumpfe, während die Oeffnung erfolglos sei. Matteucci will bei Wiederholung dieser Versuche an Kaninchen, denen er die ischiadici frei legte, zu genau denselben Resultaten gekommen sein. Derselbe bediente sich hierzu als Säule einer Trogvorrichtung von 30 bis 60 Elementen.

Weder Marianini noch einer seiner Nachfolger vermochte den Grund anzugeben, weshalb andere Forscher, die wir alsbald erwähnen wollen, gerade zu dem umgekehrten Resultate gekommen waren und zwar gilt dies für die meisten und besten Forscher, an deren Spitze Volta und Ritter stehen. Nach der Ansicht dieser sollte dem absteigenden Strom bei der Schliessung die stärkere Wirkung zukommen.

Marianini suchte nun diese gegen sein Gesetz sprechenden Thatsachen dadurch zu entkräften, dass er annahm, es häuften sich in den Wunden, denen zwei Electroden angelegt sind, ätzende Zersetzungsprodukte am negativen Pole an, woraus sich die vorwiegend schmerzhafte Wirkung dieses Poles erkläre. Wie indessen bereits du Bois-Reymond richtig bemerkt hat, ist Volta's Ausdruck über jene Wirkungsweise ganz allgemein, indem er angiebt, „que toutes ces sensations de picotement et de douleur sont plus fortes et plus aigues, les autres choses égales, lorsque la partie du corps, qui doit les ressentir, se trouve du coté de l'électricité négative; c'est à dire, placée de manière dans le cercle conducteur, que le fluide électrique parcourant ce cercle ne soit pas dirigée contre cette partie sensible, qu'il ne s'avance pas verselle et y entre de dehors en

Digitized by Google

dedans, mais bien que sa direction soit de dedans en dehors, en un mot, qu'il en sorte ....“ E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thier. Electricität, Bd. I., pag. 355.)

Es geht demnach hieraus hervor, dass Marianini den Widerspruch zwischen seinen und seiner Vorgänger Beobachtungen auszugleichen nicht vermocht hat.

Du Bois-Reymond meint, dass es sich hier bei den Marianini'schen Beobachtungen um eine Umkehr des Gesetzes der electrischen Empfindungen handle, die, nach der Bloslegung und Misshandlung der Nerven, welche stets auch die sorgsamste Zurichtung mit sich bringe, hervorgebracht werde. Nach du Bois-Reymond würde also das Gesetz der electrischen Empfindungen, wie es von Volta, Ritter und Andern aufgestellt worden ist, als dasjenige zu bezeichnen sein, welches dem normalen Nerven zukäme.

Wie ich indessen in der Folge zeigen will, ist diese Erklärung du Bois-Reymond's nicht ganz zutreffend, weil man an demselben Nerven, welcher der Misshandlung der Präparation ausgesetzt war, die Erscheinungen bald mit Marianini's, bald mit Ritter's Gesetz in Uebereinstimmung willkührlich erzeugen kann, wenn nur die Stärke des angewandten Stromes passend gewählt wird. Die Verschiedenheit der Stromstärken, welche von den Experimentatoren angewandt wurden, ist meiner Ansicht nach die Ursache der verschiedenen Resultate. Weil nämlich diese Versuche von Volta, Humboldt, Ritter und Anderen als subjective am eigenen Körper, ja sogar auf absichtlich erzeugten wunden Stellen der Haut angestellt wurden, so ist bereits von vorne herein zu vermuthen, dass es sich hier nur um geringe Stromesdichten handle, welche den Nerven treffen, weil am menschlichen Körper dem Strome ein so ausserordentlich viel grösserer Querschnitt geboten ist, als bei dem Versuche am Frosche, wo durch den freigelegten Nerven die gesammte Stromesdichte hindurch geschickt wurde. Weil es sich hier um Ströme handelt, welche durch Säulen erzeugt sind, deren wesentlicher Widerstand als ziemlich gross angesehen werden muss, so findet die eben gemachte Betrachtung hier vollkommen Berechtigung. Es handelt sich also bei den subjectiven Versuchen fast unzweifelhaft um Resultate,

Digitized by Google

welche mit schwachen Strömen gewonnen sind. Will man demgemäss die Beziehungen ermitteln, welche zwischen dem Gesetze der electrischen Empfindungen und dem Gesetze der Zuckungen entstehen, so muss man beide Gesetze auf schwache Stromstärken beziehen. Denn auch das Gesetz der Zuckungen ist ja, wie ich gezeigt habe, ganz verschieden, je nach der Stärke des reizenden Stromes.

Da nun das Gesetz der Zuckungen beim schwachen Strome im Allgemeinen das Umgekehrte von dem beim starken Strome ist, so wird es uns jetzt als eine nothwendige Folge der Theorie erscheinen, dass das Gesetz der electrischen Empfindungen bei schwachen Strömen sich umgekehrt verhält, wie bei starken. Es wird indessen nothwendig sein, mit einigen Worten auseinanderzusetzen, was ich unter jener Umkehr der Erscheinungen verstehen will. Betrachtet man nämlich das Gesetz der Zuckungen, so zeigt es sich, dass beim schwachen Strome die Schliessung des aufsteigenden wirksamer als die des absteigenden ist, während es sich bei starken Strümen gerade umgekehrt verhält.

Aehnliches beobachtet man bei der Oeffnung. Bei schwachen Strömen wirkt die Oeffnung des absteigenden stärker, als die des umgekehrt fliessenden Stromes. Der starke Strom zeigt wiederum das entgegengesetzte Verhalten.

Wenn wir demnach für das Gesetz der electrischen Empfindungen in Uebereinstimmung mit der Theorie ermittelten, dass die Schliessung des absteigenden wirkungslos, die des aufsteigenden Stromes hingegen von starkem Erfolge sei, so werden wir es ferner mit der Theorie in Uebereinstimmung finden, dass bei geringerer Stromstärke die Schliessung in aufsteigender Richtung von schwächerer, die in absteigender Richtung von stärkerer Wirkung sei. Da nun bei der Oeffnung des starken Stromes eine heftige Empfindung folgt, wenn er absteigend floss, eine schwache oder gar keine, wenn er die umgekehrte Richtung hatte, so wird die Theorie, wenn ferner das Gesetz der electrischen Empfindungen mit dem der Zuckungen in Einklang bleiben soll, fordern müssen, dass die Oeffnung eines schwachen Stromes in aufsteigender Richtung stärker wirksam sei, als bei absteigender. Hiermit in Uebereinstimmung ist nun in der That

Digitized by Google

das Gesetz der electrischen Empfindungen, wie es von Ritter aufgestellt worden ist.

Wie man demnach bemerkt, stimmt das Ritter'sche Gesetz der electrischen Empfindungen durchaus mit demjenigen überein, was wir, der Theorie nach, für wahrscheinlich halten mussten. Gleichwohl darf man nicht vergessen, dass in gewisser Beziehung das Ritter'sche Gesetz mit der Theorie im Widerspruche steht. Dies sind nämlich die Angaben über die Grösse der Wirkungen, welche die Schliessung im Vergleich zu der Oeffnung des Stromes darbietet. Wir fanden nämlich für das Gesetz der Zuckung — und unsere Behauptungen sind, trotz einiger Einreden in der neuesten Zeit von verschiedenen Seiten her, durch gediegene Forschungen bestätigt worden — dass die Schliessung des schwachen, beliebig gerichteten Stromes stets wirksamer als die Oeffnung desselben sei, so lange es sich nämlich um den ganz normalen Nerven handelt. Ritter behauptet aber, dass die Schliessung des aufsteigenden Stromes von geringerer Wirkung sei, als dessen Oeffnung, eine Angabe, welche wohl den Thatsachen nicht unmittelbar entnommen war, sondern vielmehr von ihm darum gemacht wurde, um das Gesetz der electrischen Empfindung mit seinem ebenfalls unrichtigen Gesetze der Zuckungen für den absteigenden Strom in Einklang zu bringen. Die Methode, deren sich Ritter bediente zur Ermittelung der Einwirkung der Electricität auf die Empfindungsnerven, war in der That vortrefflich gewählt, so lange es sich darum handelte, die Wirkung der Schliessung des aufsteigenden mit der des absteigenden Stromes, oder die Wirkung der Oeffnung des einen mit der des andern zu vergleichen; die hiermit erhaltenen Resultate sind darum auch als richtig anzusehen. Durchaus unrichtig aber war seine Methode, sobald es sich um die Vergleichung in der Wirkung der Schliessung mit der Oeffnung desselben Stromes handelt. Dies geht einfach daraus hervor, dass Ritter bei Anstellung seiner Versuche seinen eigenen Körper in den electrischen Kreis mit einschaltete, wo dann nothwendiger Weise der eine Arm in aufsteigender, der andere Arm in absteigender Richtung durchflossen war. Gleichwohl stimmen die Ergebnisse Ritter's und der andern Forscher, welche sich auf diesem Gebiete bewegt haben, in den

Digitized by Google

hauptsächlichen Punkten so gut mit unseren aus der Theorie entnommenen Voraussetzungen überein, wenn man auf die Stromstärken Rücksicht nimmt, dass an der Richtigkeit der Behauptungen jener Forscher nicht gut ein Zweifel aufkommen kann.

Nichtsdestoweniger wünschte ich diesen subjectiven Versuchen die vollkommene Sicherheit zu geben, indem ich dieselben in passender Weise am narkotisirten Frosche wiederholte. Die eine Richtung des Versuchs war im Wesentlichen dieselbe wie früher. Auf einen Punkt nur musste diesmal ganz besondere Sorgfalt verwandt werden. Es war dies die Gleichartigkeit der Electroden, welche dem Nerv angelegt werden sollten. Denn, weil der äusserst schwache, nunmehr vom Rheochord abgeleitete Stromarm dem Nerven unter Vermittelung eines Pohlschen Commutators, bald in der einen, bald in der andern Richtung zugeführt werden musste, so würde jede Ungleichartigkeit der Electroden die Stromstärke von der Lage der Wippe abhängig gemacht haben, wie leicht einzusehen ist. Zu dem Ende bediente ich mich als Electroden der Eiweissröhren, wie ich dieselben in meinem Buche über den Electrotonus ausführlich beschrieben habe. Nur gebrauchte ich, statt des dort angewandten Kupfervitriols, eine chemisch reine Lösung von Zinkvitriol, und führte dieser den Strom durch amalgamirte Zinkdrähte zu. Als Bürge für die Gleichartigkeit des Stromkreises schaltete ich ein *höchst* empfindliches Rheoskop ein, nämlich meinen grossen Sauerwald'schen Multiplicator für den Nervenstrom von 33,000 Windungen. Wenn die Nadel unbewegt blieb, wurde der Frosch auf die oben angegebene Weise präparirt und der Versuch begonnen.

So sorgfältig ich nun auch Alles erwogen zu haben schien, was ein constantes Resultat verbürgen konnte, so blieben doch die erhaltenen Erfolge hinter den gehegten Erwartungen zurück.

So viel nur stellte sich im Allgemeinen heraus, dass für die schwachen Ströme das Gesetz der electrischen Empfindung ein anderes ist, als für starke; denn sehr häufig gab der schwache, absteigende Strom wie der aufsteigende nur Schliessungs- und keine Oeffnungszuckung. Auch war oft die Schliessungszuckung des absteigenden Stromes das einzig Wirksame bei äusserster Abschwächung desselben. Dies würde das Verhalten sein, wie

Digitized by Google

wir es, der Theorie nach, erwartet haben. Ich habe hiervon aber so häufige Ausnahmen beobachtet, über welche ich, trotz aller Mühe, nicht Herr zu werden vermochte, dass ich selbst das Gesetz der electrischen Empfindung für schwache Ströme durch den objectiven Versuch nicht erwiesen betrachten kann. Um nur mit einigen Worten der beobachteten Ausnahmen zu gedenken, kam es mir nicht selten vor, dass der schwache, absteigende Strom nur Oeffnungszuckung, aber keine Schliessungszuckung gab.

Was sich aber als viel constanter herausstellte, war, dass für den aufsteigenden Strom die Schliessung eine bedeutende Ueberlegenheit gegen die Oeffnung zeigte. Ich glaube nun wohl, dass es gelingen mag, bei anhaltender Beschäftigung mit diesem Gegenstande das constante Gesetz sicher zu stellen und jene Ausnahmen zurückzuführen auf Störungen des normalen Verhaltens, deren Ursachen bei meinen Versuchen nicht vermieden worden sind. Im Hinblick auf die vielen Möglichkeiten, welche mir eine lange Untersuchung zu eröffnen schienen, konnte ich selbst, aus Mangel an ausreichender Ruhe, jenes bezeichnete Ziel nicht erreichen.

Ich will mit einigen Bemerkungen auf einen Theil jener Möglichkeiten hinweisen, um dem Leser zugleich die Schwierigkeiten klar zu machen, welche den Experimentator hier belästigen.

Wie man weiss, hängt im Sinne meiner Theorie der Reizung die Grösse derselben von zwei, wesentlich auseinander zu haltenden Umständen ab, einmal nämlich von der Stärke der Wirksamkeit des betreffenden Poles und zweitens von der Möglichkeit, dass die Reizung nach demjenigen Endapparate der Nervenfasern gelange, welcher durch Einleitung sichtbarer Bewegung die vorhanden gewesene Reizung anzeigt. Die erste Bedingung wird nun, wie dem nicht anders sein kann, natürlich auch noch durch die Höhe der Erregbarkeit der Nervenstrecken bedingt, auf welche der Pol einwirkt. Diese Höhe der Erregbarkeit ist aber hier vermuthlich ein sehr inconstantes Element, und zwar aus folgendem Grund. Bei unserer Präparationsmethode ist ein Theil des Nervus ischiadicus dem allgemeinen Kreislauf des Blutes entzogen, so wie der Unterschenkel. In diesem Theile des Nerven wird demnach die Erregbarkeit

Digitized by Google

zunehmen, weil der Nerv abzusterben beginnt. Aber aus demselben Grunde ist dieser Theil des Nerven der Wirkung des Giftes nicht ausgesetzt, die nach den Untersuchungen von Funke bekanntlich darin besteht, die Erregbarkeit ebenfalls zu vermehren. Der andere Theil des Nerven aber, welcher in der Bauchhöhle und in dem Rückenmarkskanal verläuft, wird nach wie vor durch das kreisende Blut ernährt und würde aus diesem Grunde sein normales Verfahren behalten müssen. Da aber dieses kreisende Blut ihn gleichzeitig vergiftet, so muss auch er nothwendiger Weise an Erregbarkeit zunehmen. Auf beide so eben betrachtete Nerventheile wirken demnach zwei Momente in derselben Richtung. Im Allgemeinen würde, der Theorie nach, das Gesetz der Wirkungsweise des electrischen Stromes hierdurch keine Abweichung von der Norm erleiden, wenn jene beiden Zuwächse der Erregbarkeit in beiden Theilen gleich gross wären. Da nun aber jene beiden Momente von einander durchaus unabhängig sind, so versteht es sich ja von selbst, dass jene durch sie erzeugten Zuwächse nicht gleich sein werden. Wenn die Differenz eine gewisse Grösse erreicht, so muss nothwendig das Gesetz der Zuckungen, so wie das Gesetz der electrischen Empfindungen, meiner Theorie gemäss, von der Norm sich merkbar entfernen. In meinen Versuchen ergab sich nun im Allgemeinen eine grössere Wirksamkeit des oberen Pols bei schwachen Strömen, was in den thatsächlichen Angaben begründet ist, die ich oben gemacht habe. Hieraus würde dann zu folgern sein, dass der Erregbarkeitszuwachs der oberen Nervenhälfte der der unteren überlegen gewesen. Wie man nun leicht übersieht, sind jene beiden Momente nicht allein nicht zu eliminiren, sondern, was noch schlimmer ist, in der Grösse ihrer Wirkungen unserer Willkür durchaus entzogen.

Wir müssen uns demgemäss begnügen mit den subjectiven Versuchen, welche, mit schwachen Strömen angestellt, zu Resultaten geführt haben, die mit der Theorie in Uebereinstimmung sind.

Kann man sich sonach der Ueberzeugung nicht entschlagen, dass der Empfindungsnerv merkbar nach ganz demselben Gesetze wie der Bewegungsnerv auf den electrischen Reiz reagirt, so muss es allerdings Wunder nehmen, wenn, nach den vor-

Digitized by Google

liegenden Untersuchungen und Anschauungen, die Nerven der Sinnesorgane zum grössten Theile von jenem scheinbar so allgemeinen Gesetze eine Ausnahme machen.

Ich will indessen in dem Folgenden zeigen, dass die beobachteten Thatsachen Deutungen zulassen, welche der Theorie günstig sind.

Beginnen wir mit dem Gesetze der electrischen Reizung des Sehnerven. Durchaus in Uebereinstimmung mit der Theorie ist die Bemerkung Purkinje's, dass bei der Schliessung des Stromes die Wirkung stärker sei, als bei der Oeffnung. (Neue Beiträge u. s. w. Berlin, 1825. S. 25 und 26.) Worin aber Ritter, Purkinje, Pfaff und Most übereinstimmen. das ist die bei Weitem grössere Wirksamkeit bei der Schliessung des aufsteigenden Stromes, was mit der Theorie durchaus im Widerspruch wäre.

Du Bois-Reymond, welcher die Geschichte dieser Erscheinungen sehr ausführlich bespricht, schliesst sich der Meinung der genannten Forscher an und findet deshalb, dass bei Annahme des Ritter'schen Gesetzes der Zuckungen für den Sehnerven das umgekehrte Gesetz der Erregung gelten würde. Denn hier findet bei der Schliessung desjenigen Stromes die stärkere Wirkung statt, welcher mit der Richtung des sogenannten Nervenprincips übereinkommt, während dort beim Bewegungsnerven die stärkere Wirkung bei der Schliessung desjenigen Stromes beobachtet wird, welcher der Bewegung des Nervenprincips entgegenläuft. Während diese Schlussfolgerung du Bois-Reymond's unbedenklich ist, scheint mir die Voraussetzung, von welcher sie ausgeht, in hohem Grade zweifelhaft. Es scheint mir, mit einem Worte, dass sehr leicht die Stromesrichtungen in der That verkehrt bezeichnet worden sind, so dass man es wirklich mit einem absteigenden Strome zu thun hat, wo man ihn aufsteigend glaubt, mit einem aufsteigenden, wo man von einem absteigenden spricht.

Die Versuche sind nämlich gewöhnlich so angestellt, dass ein Pol von aussen auf das Auge aufgesetzt war, während der andere irgend einen andern Theil des Körpers berührte. In diesem Falle ergoss sich dann der Strom entweder durch das Auge in den Körper, oder aus demselben durch das Auge heraus.

Digitized by Google

Bei der Bestimmung der Stromesrichtung, welche den Sehnerven reizte, nahm man nun immer Rücksicht auf den Stamm des Nervus opticus, nicht aber auf die peripherischen Verästelungen in der Markhaut des Auges, obwohl es doch längst bekannt ist, dass die peripherischen Aeste der Empfindungsnerven und noch mehr ihre Ausbreitungen in der Haut so ausserordentlich viel empfindlicher sind, als die Stämme. Da nun die Enden des Opticus, die das objective Licht empfindenden Elemente, nicht die Nervenfasern sind, sondern die Schicht der Zapfen und Stäbchen der Retina, die sogenannte Membrana Jacobi, so laufen die letzten Aestchen des Sehnerven aus der Schicht der Sehnervenfasern zu den Zapfen zurück und also offenbar in umgekehrter Richtung wie die Fäden im Stamme des Opticus. Hieraus folgt also, dass bei all jenen Anordnungen ganz nothwendig die äussersten Aestchen des Opticus immer in der umgekehrten Richtung vom Strome durchflossen waren, wie der Stamm, und zwar, wie es scheint, sogar noch mit grösserer Dichte, weil nämlich der Nervenstamm weiter vom Pol entfernt ist, als die Retina; der Querschnitt der sich stets erweiternden Strombahn also vermuthlich grösser geworden ist. Dürfen wir nun die wahrscheinliche Annahme machen, dass jene in der Markhaut liegenden Endästchen des Sehnerven ebenso wie die entsprechenden in der äusseren Haut des Körpers bedeutend empfindlicher sind, als der Stamm, so hat aller Widerspruch ein Ende, indem wir dann überall die umgekehrte Stromesrichtung von derjenigen vor uns haben, welche die Experimentatoren anzuwenden glaubten. Die Angaben, welche von Ritter über den Gehörnerven gemacht worden sind, stimmen jetzt durchaus überein mit dem Gesetze der electrischen Reizung des Sehnerven.

Für Geruch und Geschmack tritt ein störender Umstand ein, sobald es sich um die Beurtheilung in der Stärke der Wirkung bei Schliessung und Oeffnung verschieden gerichteter Ströme handelt. Der Grund liegt darin, dass sich hier qualitative Verschiedenheiten einmischen, so beim Olfactorius saurer und fauliger Geruch, beim Glossopharyngeus saurer und alkalischer Geschmack. Man kann demnach hier nicht wohl an eine Vergleichung der Reactionsweise dieser Nerven mit derjenigen der motorischen Nerven denken.

Digitized by Google

Ich glaube durch diese Untersuchungen festgestellt zu haben, dass für starke Ströme unzweifelhaft, für schwache sehr wahrscheinlich die Empfindungsnerven nach genau denselben Gesetzen reagiren, wie die Bewegungsnerven.

Durch eine einfache Deutung, welche durch Analogien gestützt ist, hat es sich ferner herausgestellt, dass die Sinnesnerven sich durchaus nicht anders als die Empfindungsnerven verhalten.

Digitized by Google

VII.

Ueber ein merkwürdiges Ei aus dem Eierstock des Kalbes.

Von

E. Pflüger.

(Hierzu Taf. III., Fig. VI.)

Bei der Untersuchung von Kalbsovarien, welche längere Zeit in saurem, chromsauren Kali gehärtet worden waren, isolirte sich mir zufällig ein grosses, mit dicker Zona pellucida versehenes Ei, welches durch einen mit jener verwachsenen Stiel ausgezeichnet ist.

Die Fig. VI. auf Taf. III. giebt ein möglichst getreues Abbild dieses Präparates. Ich habe ausserdem photographische Aufnahmen desselben von Herrn Bilharz in Bonn anfertigen lassen, welche ich gern denjenigen Herren Collegen zur Ansicht vorlegen will, die es wünschen.

Der Durchmesser des Dotters beträgt 0,12 Mm., derselbe des Eies mit der Zona 0,14, die Länge des Eistieles, welcher etwas gewunden ist, vom Dotter an gerechnet, circa 0,10 Mm. Demnach hat das vorliegende Ovulum die Grösse des reifen Eies. Der Dotter desselben stellt eine scharf begrenzte Kugel dar, in der man eine sehr feine, dichte Granulation wahrnimmt. Das Keimbläschen mit Keimfleck ist nicht in dem undurchsichtigen Dotter zu erkennen. Zwischen der Peripherie des Dotters und der Zona pellucida erscheint ein äusserst feiner, capillarer Raum, der, da er vollkommen durchsichtig ist, wohl nur

Digitized by Google

eine Spur von klarer Flüssigkeit enthält. Die sehr dicke Zona pelludica zeigt eine absolut scharfe, durch einen dunkeln Contur markirte Abgrenzung gegen den Binnenraum des Eies, eine weniger scharfe aber nicht gerade unregelmässig zu nennende nach aussen. Die Substanz der Zona lässt keinerlei bestimmtere Structur erkennen, wenn man von jener verschwommenen Abwechselung von Licht und Schatten absehen will, die auf Dichtigkeitswechsel im Innern der Substanz der Zona allerdings hinweist. Nichtsdestoweniger darf man sie hyalin nennen, obwohl ich nicht unterlasse zu bemerken, dass das Präparat in Glycerin liegt, in welchem ich es schon seit mehren Jahren conservirt habe und zu Jedermann's Ansicht bereit halte. Das Merkwürdige an diesem Eie ist nun, dass sich seine Zona an einer Stelle in einen mässig langen, etwas gewundenen Stiel fortsetzt, so dass das Ei wie eine Beere erscheint. Dass dieser Stiel kein Kunstproduct ist, davon haben sich Alle überzeugt, welche das Präparat gesehen haben, und ich kann sehr hervorragende Autoritäten namhaft machen, wie Donders, M. Schultze, Pringsheim, Traube, von Lavalette, C. Otto Weber u. s. w. Vor allen Dingen ist die stetige Fortsetzung des Stieles in die Zona pellucida ganz zweifellos. Er entspringt von ihr mit sehr verbreiterter rundlicher Basis. Dieser Conus zeigt eine Längsstreifung auf seiner Oberfläche, welche sich von der Spitze des Conus nach seiner Basis hinzieht. Diese Streifung ist in der Zeichnung nicht wiedergegeben, weil sie bei einer Einstellung des Mikroskops auf die Axe des Conus entworfen wurde. Diese Streifung setzt sich schwächer und unregelmässig in etwas auf den Eistiel fort. Ich muss die Ursache dieser Erscheinung unaufgeklärt lassen. Möglich aber ist es, dass sie durch Faltenbildung bedingt ist. Was nun die Substanz des Eistieles angeht, so hat sie absolut dasselbe Aussehen, wie die Substanz der Zona pellucida, von der sie ja nur eine Fortsetzung darstellt, ähnlich dem engen Halse einer kuglichen Flasche. Ob diesem Vergleiche eine durchgreifende Haltung zuzusprechen sei, hängt von der Frage nach der Existenz eines Kanals in dem Stiele ab. Bei genauester Untersuchung desselben bei allen möglichen verschiedenen Einstellungen und Beleuchtungen kommt man zu der Ueberzeugung,

Digitized by Google

dass der Stiel hohl ist, indem der Kanal sich gegen das Ei zu erweitert und bis in die Hälfte der Dicke der Zona verfolgen lässt. (S. Fig. 6. Taf. III. x x.) Hier aber biegen die Contouren, welche bis dahin die äussere Wand des scheinbaren Kanales abgrenzten, um und ziehen nach aussen in der Substanz der Zona weiter in der Richtung concentrischer Kreise, deren Mittelpunkt in dem des Eies liegt. Bei gewissen Einstellungen sieht es so aus, als ob jener Kanal sich bis auf den Dotter fortsetze. Gewissheit ist darüber an diesem Präparate nicht zu erlangen.

Unter der Voraussetzung, dass wir es hier mit einem normalen Zustande zu thun haben, dürfte sich das Präparat leicht aus meinen Untersuchungen über die Bildung der Säugethier-Eier erklären. Denn ich habe bereits in meinem Werke (siehe über die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen — 1863) solche gestielte Eier abgebildet (Taf. III. Fig. 23 und 24). Ebenso habe ich dort dargethan, wie diese Stiele durch Theilung und Abschnürung von Zellen sich bilden müssen (siehe Taf. III. Fig. 18 und 19). Der von mir für das Säugethier-Ei aufgestellte Typus der Eibildung durch einen ächten Theilungsakt ist seitdem durch so namhafte Forscher, unter denen ich Kölliker hervorhebe, bestätigt worden, dass daran kein Zweifel mehr bestehen kann. Die genannten von mir bereits früher dargethanen Verhältnisse beziehen sich aber auf die Jugendzustände der Katze, und was den Typus der Eibildung betrifft, allerdings auch auf das Kalb (s. Taf. II. Fig. 1). In dem uns hier vorliegenden Fall handelt es sich aber um ein Ei, welches viel weiter in seiner Entwickelung vorausgeschritten ist und nahe an dem Ende derselben steht. Möglicherweise hat der Eistiel beim Kalbe eine Beziehung zur Mikropyle. Die eigenthümlichen Zellen in der Zona bei den Katzen, welche ich mit der Mikropyle in wahrscheinlichen Zusammenhang zu bringen gesucht habe, bestehen trotz des von Bischoff erhobenen Widerspruchs. Das wird die Zukunft und genaue Untersuchung zeigen. Ich selbst, der ich gar oft das Gewebe des Kalbs-Eierstocks durchmustert habe, kann freilich der Wahrheit gemäss nicht umhin, meine Bedenken wegen der Deutung dieses Präparats hiermit genauer zu begründen.

Digitized by Google

Zunächst muss sich Jeder, welcher die Ovarien der höheren, besonders der Säugethiere untersucht, sagen, dass sonderbarer Weise zu Zeiten die degenerative Wiederauflösung von Eiern und Graaf'schen Follikeln als die Regel zu betrachten ist. Immer bleibt also der Verdacht pathologischer Productionen, wenn nicht gewichtige methodische, entwickelungsgeschichtliche Deductionen Beweise vom Gegentheil liefern. Dieser Satz gilt aber für das Kalb noch aus einem andern Grunde. Ich glaube mich nämlich schon bei den jungen Kätzchen überzeugt zu haben, dass die Entziehung der mütterlichen Milch fast momentan fettige Degenerationen im Eierstock zu erzeugen pflegt. Es ist ferner bekannt, dass die Kälber ganz gewöhnlich gleich nach der Geburt neben einer unzureichenden Menge mütterlicher Milch noch andere ihnen gewiss nicht sehr zuträgliche Nahrung erhalten. Aus diesem Grunde würde man sich über abnorme Bildungen im Eierstock des Kalbes nicht sehr zu wundern haben. Ich habe nun allerdings im Eierstock der Kälber gar nicht selten eigenthümliche Bildungen wahrgenommen, welche bisher unbekannt waren und zur Beurtheilung des vorliegenden Präparats herangezogen werden müssen. Zunächst ist es mir wiederholt vorgekommen, dass ein schönes reifes Ei mit dicker, mächtiger Zona pellucida unmittelbar im Bindegewebe lag, ohne jede Spur eines Follikelepithels. Die streifige Bindesubstanz des Ovariumstroma schloss scharf den Randcontour der breiten Zona ab. Entweder war hier das Follikelepithel zu Grunde gegangen und resorbirt worden oder hatte sich in die Substanz der Zona selbst verwandelt. Ich muss es nämlich als eine ganz zweifellose Thatsache hinstellen, dass kleine Epithelzellen des Eierstocks eine hyaline Substanz, die absolut so wie die der Zona pellucida aussieht und in ihren mikro-chemischen Reactionen sich ebenso verhält, direct oder indirect hervorzubringen vermögen. Bereits in meinem Werke über den Eierstock habe ich die Möglichkeit erwähnt, dass die Zona pellucida kein Product des Eies sei, sondern als eine von den Epithelzellen des Graaf'schen Follikels erzeugte Bildung aufgefasst werden dürfe. Jetzt weiss ich aber bestimmt, dass sehr oft im Eierstock der Kälber kleine Zellhäufchen vorkommen, welche von einer hyalinen, dicken Capsel, einer kleinen Zona pellucida, umhüllt sind.

Digitized by Google

Da diese Zellhäufchen oft kleiner als die kleinsten Graaf'schen Follikel erscheinen und natürlich kein Ei enthalten, so kann es sich hier gewiss um kein Rudiment eines degenerirten Eies handeln. Dieselbe Substanz wird übrigens zuweilen von Zügen kleiner Zellen auch in lammellöser Form hervorgebracht und dürfte nach unseren heutigen Anschauungen als Intercellularsubstanz aufzufassen sein. Ich muss aber der Wahrheit gemäss bemerken, dass ich allerdings eine directe Beziehung der kleinen Eierstocks-Epithelien zu der hyalinen Ovarien-Intercellularsubstanz noch nicht wahrzunehmen vermochte. Es ist mit andern Worten ein Uebergang der Substanz des Leibes jener kleinen Zellen in die besprochene von mir nie gesehen worden.

Auf Grund dieser Erfahrungen ist die Möglichkeit nicht zu widerlegen, dass die Zona pellucida mit Eistiel an dem vorliegenden Präparat von dem ursprünglichen Epithel des blinden Endes eines dünnen Drüsenschlauches durch Ausschwitzung oder hyaline Metamorphose der Zellen hervorgebracht sei.

Schliesslich möchte ich noch beiläufig einer eigenthüm-Art des Wachsthums der Graaf'schen Follikel gedenken, welche mir häufig im Eierstock des Kalbes begegnet ist und von der ich es ebenfalls unentschieden lassen muss, ob sie den normalen Vorgang repräsentirt. Das Verhältniss besteht darin, dass zahlreiche Schläuche mit vielschichtigem Plattenepithel und sehr deutlichem Lumen aus der unteren Wand des Graaf'schen Follikels hervorspriessen, um diese Wand, ihr immer dicht anliegend und mit anderen gleichen Bildungen sich verflechtend, zu umwuchern. So entsteht eine starke Wandverdickung, die bei genauerer Analyse sich in ein Schlauchconvolut auflöst. Ovula habe ich in solchen Schläuchen niemals gesehen.

Digitized by Google

VIII.

Ueber die Entwickelungsgeschichte der Graaf'schen Follikel beim Menschen.

Von

Cand. med. **Ludwig Letzerich.**

Längst schon war es mein sehnlichster Wunsch, möglichst frische Eierstöcke eines neugeborenen, oder einige Tage alten Kindes zum Studium der Entwickelungsgeschichte der Graaf-schen Follikel zu bekommen. Mein Wunsch wurde endlich nach vielen vergeblichen Anstrengungen durch die Freundlichkeit und Güte des Herrn Medicinalraths Dr. Haas zu Wiesbaden erfüllt, welchem Herrn ich hierdurch meinen besten Dank ausspreche.

Das Kind, von dem die Eierstöcke genommen wurden, konnte bald nach dem Tode secirt werden, so dass dieselben — noch ziemlich frisch — auch die feinen Structurverhältnisse deutlich erkennen liessen. Auch die damals herrschende Kälte trug viel dazu bei, den raschen Zerfall der Gewebe zu verhindern.

Die Eierstöcke habe ich selbst mit den Trompeten und dem Fundus uteri sorgfältig und vorsichtig aus der Leiche des zehn Tage alten Kindes herauspräparirt und sofort in verdünnten Holzessig eingelegt. Mit den Untersuchungen begann ich, da es an dem Tage, an dem die Section gemacht wurde, zu spät geworden, am folgenden Tage. Ich machte theils feine Schnitte, theils wandte ich die Isolirmethode durch Zerzupfen an und erhielt hiermit recht gute, beweisende Präparate. Die

Digitized by Google

Carminimbibiton empfiehlt sich ebenfalls. — Die diesem kleinen Aufsatze beigegebenen Zeichnungen sind mit der Camera lucida angefertigt. —

In dem dichten, bindegewebigen Stroma des Eierstockes liegen schlauchartige Gebilde oft massenhaft nebeneinander, welche unregelmässig verlaufen, sich in einander schlingen und sehr häufig gabelförmig gespalten sind. Man sieht diese Verhältnisse am besten an gröberen Schnitten, da, wie schon bemerkt, die Schläuche unregelmässig angelegt sind, also nicht in einer Ebene liegen. Sollte ein solcher Schnitt zu undurchsichtig sein, so kann man denselben mit Chlorzink (gtt VI einer kaltgesättigten Lösung auf 3i Wasser) aufhellen. Das Präparat kann eine halbe bis eine ganze Stunde in der verdünnten Chlorzinklösung liegen. Da aber nicht alle Schläuche so unregelmässig verlaufen und nicht alle gabelförmig getheilt sind, so erhält man bei sehr feinen Schnitten manchmal Präparate, an welchen wenigstens grössere Theile in der Schnittebene liegen (Taf. III. Fig. I.), und deshalb die Beziehungen derselben zu dem umgebenden Gewebe leicht erkennen lassen. Das obere Ende der Schläuche — ich bezeichne das der Eierstocksoberfläche näher gelegene Ende als das obere Ende der Schläuche — ist immer sehr schmal, dünn und zart. Es ist ungemein hell und durchsichtig und verliert sich allmälig in dem Bindegewebe, so dass eine bestimmte Grenze durchaus nicht wahrgenommen werden konnte. (Fig. Ia.) Es scheint, als ob diese zarten, durchsichtigen Enden eine besondere Wichtigkeit für die Eischläuche hätten. Sie sind ungemein fest mit dem umgebenden bindegewebigen Stroma verklebt. Aus diesem Grunde gelang es nie, sie mit Stücken der Eischläuche zu isoliren. Von denselben aus werden die Schläuche, gegen das Innere des Eierstockes hin, immer breiter und voluminöser und sind dicht mit Protoplasma angefüllt, in welchem Keimbläschen und in der Entwickelung befindliche Eichen sich befinden. (Fig. I.)

Die Struktur und der Inhalt der Eischläuche sowie ihre Metamorphosen sollen nun genauer besprochen werden.

Die Eischläuche liegen, wie bereits schon bemerkt, in dem bindegewebigen Stroma des Eierstockes, mit welchem sie ziemlich fest verklebt sind, eingebettet. Sie besitzen eine durch dop-

Digitized by Google

pelte, sehr deutliche Contouren ausgezeichnete Membrana propria, welche glashell durchsichtig ist und an der man eine weitere Struktur nicht wahrnehmen kann. Sie ist zart, aber trotzdem doch von einer gewissen Festigkeit. Auf der Innenfläche dieser Membran befindet sich beim Menschen ein äusserst kleinzelliges, sehr zartes Plattenepithel. (Fig. I.d, II., III—Va.) Bei einigen Thieren ist dieses Epithel, wie Pflüger*) in seinen Untersuchungen dargethan hat, grosszellig und die Zellen derselben oft von eigenthümlicher Gestalt. Mir ward die Freude zu Theil, eine grosse Anzahl sehr schöner Präparate bei diesem meinem verehrten Leser selbst zu sehen. An sehr kleinen Schläuchen, wahrscheinlich jüngeren Datums, lässt sich das Epithel und die Eichen, welche letztere aus dem sehr grossen Keimbläschen mit dem Keimfleck und einer schmalen, körnigen Protoplasmaschicht bestehen, deutlicher erkennen. (Fig. IIa.) Es ist nämlich das Protoplasma der kleinen, jüngeren Schläuche ziemlich hell, so dass man den Inhalt leichter sehen kann. Anders ist es bei grösseren Schläuchen; hier ist das Epithel etwas schwieriger zu erkennen, weil hier das dunkle Protoplasma, welches massenhaft vorhanden ist, die Epithelien verdeckt. Nur bei Einstellungen auf die Ränder der Schläuche lässt es sich deutlich wahrnehmen. (Fig. Id.) Durch dieses dunkle Protoplasma schimmern glänzend die hellen Keimbläschen hindurch.

In dem oberen Ende des Eischlauches, welches ich oben genauer beschrieben habe, fehlen die Keimbläschen und das dunkle Protoplasma. Diese beiden wesentlichen Theile eines Schlauches treten aber sehr bald auf, da das glashelle obere Ende nur sehr kurz ist. Die kleinsten Keimbläschen liegen in dem oberen, Protoplasma enthaltenden Theile und werden, entsprechend der kolbenförmigen Erweiterung des Schlauches, immer grösser. (Fig. I. von e—b. und c.) Mit andern Worten: in dem oberen, der Oberfläche des Ovariums zugekehrten Theile des Schlauches liegen die kleinen, in dem unteren Ende, das dem Innern des Organs zugekehrt ist, liegen die grösseren Keimbläschen.

*) Pflüger, Ueber die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1863.

Digitized by Google

Die Schläuche besitzen, wie bereits bemerkt wurde, eine von oben nach unten allmälig kolben- oder keulenförmig sich erweiternde Gestalt. Dies gilt jedoch nur für die jüngeren Schläuche und für die Abtheilungen der älteren, welche noch nicht in den Process der Abschnürung hineingezogen sind. An den unteren Enden älterer Schläuche, wo bereits die Metamorphosen beginnen, finden sich rosenkranzförmige Ausbuchtungen von mehr oder weniger regelmässiger Form. Diese Ausbuchtungen sind die ersten Zeichen des beginnenden Abschnürungsprocesses. Die Schläuche sind nur als die frühesten Bildungsstätten der Eier zu betrachten, in welchen sie sich nicht bis zu ihrer vollen Reife aufhalten können. Der Process der Abschnürung, den Pflüger*) zuerst genauer beobachtet hat, geht von dem unteren Ende des Schlauches aus und schreitet successive von unten nach oben fort. Dieser Process sucht die einzelnen Eier von einander zu trennen und jedem eine eigene Stätte anzuweisen, in der sich das Ei bis zur Reife und endlich bis zur Ausstossung aufhalten kann. Alle in den Eischläuchen sich befindenden Eier erreichen aber ihre Reife nicht, sondern nur eine verhältnissmässig geringe Zahl derselben. So sieht man in dem jungen Eierstock auf der einen Seite die kräftigste Entwickelung, auf der andern dagegen den Untergang und den Zerfall Platz greifen. Ueberall da, wo es wie es scheint der Natur darauf ankommt, für die Erhaltung der Art zu sorgen, bildet und schafft sie die Keime im Ueberfluss, um gleichsam eine Garantie zu haben, dass eine wenn auch nur kleine Zahl zu ihrer Bestimmung gelangen könne.

In dem unteren Ende der Schläuche sieht man die grössten Keimbläschen nicht mehr so dicht gedrängt, sondern mehr regelmässig hinter einander liegen. Sie sind mit einem Ring oder Saum eines körnigen Protoplasmas umgeben. Eine Zellmembran lässt sich nicht erkennen. Man sieht dies am besten an zufällig durchschnittenen Theilen von Schläuchen, wie in Fig. Ic. An diesem Präparate ist das untere Ende des Schlauches aus dem Bindegewebe herausgerissen und durchschnitten, weil es nicht

*) Pflüger, Ueber die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1863.

Digitized by Google

in einer Ebene mit dem oberen Theil gelegen hatte. Bei b hat eine Drehung um die Längsachse stattgefunden. Die Epithelien und einige Eier sind aus dem angeschnittenen Schlauchstück herausgespült. Die noch vorhandenen drei Eier zeigen das oben angegebene Verhältniss recht deutlich.

Nach der einigermassen regelmässigen Anordnung der Eier sieht man an den seichten Einbuchtungen der Schläuche eine Wucherung der Epithelien in das Lumen hinein (Fig. III—Va^1—a^1), so dass Abtheilungen entstehen. Gewöhnlich gehen diese Epithelwucherungen von einer Stelle aus, seltener wuchert das Epithel von anderen Stellen entgegen. Mit der genannten Wucherung ist gleichzeitig eine eigenthümliche Spaltenbildung in dem Innern der Schläuche verbunden (Fig. III—Va^1—a^3), welche den Inhalt derselben zerklüftet und die Eier demgemäss von einander scheidet. Die Membrana propria scheint bis jetzt an dem physiologischen Processe noch nicht direct betheiligt zu sein. Später aber schnürt sie sich ein (Fig. Va^3—a^3). Ob diese Einschnürung von dem von aussen ihr entgegenwachsenden Bindegewebe herrührt, oder von einem inneren Vorgang abhängt, möchte schwer zu entscheiden sein. Wahrscheinlich wirken beide Factoren zusammen. So viel ist mit unzweifelhafter Sicherheit nachzuweisen, dass der Ein- oder Abschnürungsprocess, wenn er beendet ist, die Eischläuche in Graaf'sche Follikel verwandelt. Letztere liegen im Anfange dicht hintereinander. Oefter erhält man Präparate, an welchen der obere Theil des Schlauches als solcher zu erkennen ist, der untere dagegen die Abschnürungen in den verschiedensten Graden — die jüngeren oben, die älteren unten — erkennen lässt, wie in Fig. V.

Aus den hier kurz dargelegten Resultaten meiner Untersuchungen geht also hervor, dass die Eier, wenigstens die wichtigsten Theile derselben, auch beim Menschen in Schläuchen entstehen. Die Schläuche selbst müssen als drüsenartige Gebilde aufgefasst werden. Sie besitzen eine Membrana propria und ein Epithel. Die Schläuche aber wandeln sich sehr bald durch die Abschnürung in Graaf'sche Follikel um.

Man sieht also, dass beim Menschen auch noch nach der Geburt die Abschnürung beobachtet werden kann.

Digitized by Google

IX.

Beschreibung meiner Gaspumpe.

Von

E. Pflüger.

Da ich zu sehr durch Berufsgeschäfte in Anspruch genommen bin, um in Bälde meine Untersuchungen über die Blutgase in extenso veröffentlichen zu können, publicire ich, den wiederholten Aufforderungen verschiedener Gelehrten entsprechend, meine Pumpe zur Gewinnung absorbirter Gase aus Flüssigkeiten.

Sie zerfällt in drei Theile und zwar in:

1) den Blutrecipienten,
2) die Trockenräume,
3) die Saug- und Druckpumpe.

1. Der vor der Anstellung des Versuches zu evacuirende Blutrecipient ist eine grosse Flasche von circa 1300 C.-C. Inhalt. Dieselbe besteht aus zwei über einander stehenden kugeligen Räumen, welche durch eine 4 Cm. lange und eben so viel im Durchmesser haltende Röhre mit einander communiciren. Bei dem Versuche steht die Flasche gewöhnlich aufrecht. An Stelle des Bodens verjüngt sich die untere Kugel in einen kurzen Hals von 2 Cm. Durchmesser, in welchen ein luftdicht schliessender Glasstöpsel passt. Ebenso läuft die obere Kugel in einen viel dünneren, 1 Cm. im lichten Durchmesser betragenden Hals aus, der jenem unteren diametral entgegengesetzt ist. Dieser trägt einen wohl eingeschliffenen hohlen Stöpsel, welcher sich nach Aussen und Innen in ein enges Glasrohr fortsetzt. Das innere Rohr läuft durch die Axe der Flasche bis nahe auf den Boden der unteren Kugel herab, während das äussere durch einen einfach durchbohrten vorzüglichen kleinen Glashahn luftdicht abge-

Digitized by Google

schlossen werden kann. Dieser also nach Innen und Aussen von der Flasche sich in enge Röhren fortsetzende Stöpsel ist dazu bestimmt, den Blutstrom von aussen der vorher ganz leer gepumpten Flasche, die mächtig saugt, zuzuführen, zu welchem Ende natürlich das ausserhalb befindliche Capillarrohr entweder mit dem Thiere oder mit anderen Gefässen in geeignete Verbindung zu setzen ist. Soll die Arterie oder Vene des Thieres ausgesogen werden, so ist folgende Canüle als Zwischenstück nothwendig. Ein Thermometerrohr trägt an einem Ende festgekittet ein kleines Kanülchen von Eisen, welches in die Arterie luftdicht eingebunden wird. Unmittelbar da, wo das Thermometerrohr an die eiserne Canüle grenzt, ist in jenem ein guter Glashahn. Wenn dann das Rohr mit dem genannten Capillarrohr des durchbohrten Glasstöpsels durch einen kurzen schwarzen Gummischlauch in luftdichte Verbindung gesetzt ist, pumpt man bis zur Canüle aus, welche ein verschwindendes Volum enthält. Weil nun das Gummi nicht absolut schliesst, so dreht man den oberen Hahn des Stöpselröhrchens zu und macht schnell den Versuch, da innerhalb kurzer Zeit keine in Betracht kommende Luftmenge eindringt. Indessen würde der ganze Raum, auch wenn er mit Luft von der Dichtigkeit der atmosphärischen erfüllt wäre, noch nicht $\frac{1}{10}$ C.-C. betragen, ein Fehler, an den bei diesem Verfahren bei weitem nicht zu denken ist. Ein Fehler von $\frac{1}{10}$ C.-C. dürfte aber bei dem heutigen Stande der Gasometrie des Blutes wohl keinen Versuch bedenklich erscheinen lassen bei den grossen zu untersuchenden Gasmassen. Sobald die zwei Hähne des Blut zuführenden Capillarröhrchens geöffnet werden, schiesst das Blut in stätigem Strome mit äusserster Geschwindigkeit in den Recipienten, in dem es augenblicklich auf das gewaltigste aufschäumt. Hat man genug Blut, so schliesst man den oberen Hahn, so dass dann nur Glasverschluss das Blut abgrenzt.

Damit nun die entweichenden Gase aus dem Recipienten fortgeführt werden können, befindet sich an dem oberen engen Hals der doppelkugeligen Blutflasche ein in rechtem Winkel sich abzweigendes Rohr mit einem Durchmesser von 1 Cm., welches durch einen guten Schliff in Communication mit den Trockenräumen gesetzt werden kann.

Digitized by Google

2. Die Trockenräume sind zwei Uförmig gebogene Röhren, welche durch einen Schliff mit einander in luftdichter Verbindung stehen. An der unteren Biegung jenes Uförmigen Rohres ist eine starke kugelige Erweiterung von circa 100 C.-C. Inhalt, welche für den Versuch zur Hälfte mit reiner, concentrirter Schwefelsäure gefüllt wird. Damit die mit derselben Flüssigkeit gefüllten Bimsteinstückchen in den vertical gestellten Absorptionsröhren nicht herab in diese Reservoire fallen, befindet sich eine stärkere Verjüngung an dem Rohre unmittelbar da, wo es in dieses Reservoir, einmündet. So fliesst auch leicht das von den Röhren absorbirte Wasser, d. h. die verdünnte Schwefelsäure in die unteren Gefässe ab, um wieder concentrirter zu werden, was nothwendig ist, da die Schwefelsäure nur bis zu einem gewissen Grade Wasser im Vacuum absolut festzuhalten vermag. Jede Hälfte eines Uförmigen Absorptionsrohres ist 40 Cm. lang und hat 1 Cm. im lichten Durchmesser. Die Länge aller vier absorbirender Röhren beträgt also 160 Cm., wobei die observirende Oberfläche der Schwefelsäurereservoire nicht mitgerechnet ist. Um bequem die Schwefelsäure aus- und eingiessen, so wie die Bimsteinstücke wechseln zu können, mündet jedes Rohr mit einem Schliff, auf welchen ein luftdicht schliessender Glasstöpsel passt. Um aber die Röhren ausserdem unter einander, sowie mit dem Blutrecipienten einerseits, mit der Quecksilberpumpe andererseits in Verbindung zu setzen, läuft jedes derselben noch in ein zweites von jenem unter einem rechten Winkel abgehendes aus, das abermals mit Schliffen endet. Um ferner die Absorptionsräume von dem Blutrecipienten hermetisch abzuschliessen, befindet sich an dem resp. Communicationsrohr des Absorptionsapparates ein Glashahn.

Ein ähnlicher Hahn ist zur Abschliessung der Trockenräume von der Pumpe an demjenigen Communicationsrohr der Pumpe, welches wieder durch einen Schliff diese mit dem Absorptionsapparate verbindet. Die Schwefelsäure absorbirt so vollständig, dass ich häufig nur eine Gewichtszunahme in dem ersten Uförmigen Rohre constatiren konnte. Es war nun nothwendig immer genau zu wissen, ob die Absorptionsräume trocken seien, ob also die Schwefelsäure noch absorbire. Hiefür bürgt eine Barometerprobe, welche mit diesen Räumen in offener Com-

Digitized by Google

munication steht. Diese wie gewöhnlich beschaffene Probe ist in Verbindung durch einen Schliff mit dem Communicationsrohre der Pumpe, welches diese mit den Uförmigen Röhren verknüpft, liegt aber diesseits des Hahnes, so dass dieser die Räume der Pumpe gegen den Barometer, nie aber die Trockenräume gegen letzteren abschliesst. Die Absorption ist bei guter Anordnung so stark und schnell, dass die Barometerprobe absolut unbewegt bleibt, während ein starker Strom von Wasserdampf in die Schwefelsäureröhren hereindringt. Bei der grossen Geschwindigkeit, mit welcher durch den Wasserdampf getrieben, die Gase in die Trockenräume zusammengedrängt werden, braucht man immer nur einen Moment den Hahn zu öffnen, welcher die Verbindung zwischen dem Blutrecipienten und den Trockenräumen beherrscht. Aus diesem Grunde kann man auch bei nicht zu grossen Gasmengen sehr schnell mit den kleinen Trockenräumen allein ohne Hülfe des grossen Vacuum die grossen Räume des Blutrecipienten ihrer Gase fast vollständig berauben, was höchst merkwürdig ist. Denn Wasserdampf und Gase strömen rasch in die Trockenräume, wo augenblicklich der Wasserdampf verschwindet, also die Totalpression abnimmt So fliesst immer neuer Dampf und Gas zu. Bei geringerer Gasmenge kann man so alles Gas im Trockenraume haben und im Recipienten kein Gas, sondern nur Wasserdampf, obwohl offene Communication vorhanden ist.

3. Die Pumpe ist eine Quecksilberpumpe von ähnlicher Beschaffenheit, wie die Geissler'sche zur Evacuation der elektrischen Röhren.

Sie besteht aus zwei ellipsoidischen gewaltigen Glasflaschen welche mit einander in bewegliche Verbindung gesetzt sind, sodass bei der Hebung und Senkung der einen beweglichen Flasche die andere hermetisch verschlossene und stets unbeweglich fixirte sich bald mit Quecksilber füllt, bald leert, also ein Vacuum erhält.

Diese letztere hat einen Binnenraum von circa 1800 C.-C. Sie ist ellipsoidisch. Die lange Axe steht vertikal. Beide Pole laufen in starke Glasröhren aus. Das obere Glasrohr ist eng und durch einen Hahn abschliessbar. Das untere Glasrohr ist weit und über 28 Zoll lang. Sein unteres, offenes Ende ist

Digitized by Google

schwach aufwärts gebogen. Hier ist dasselbe durch eine Spirale von starkem Eisendraht mit einem anderen, starken Glasrohr in Verbindung, dessen Länge gleich ist der des bereits genannten plus der langen Axe des Ellipsoides, welches als Vacuum verwandt ist. Ueber jene dicht gewundene Eisenspirale ist ein Schlauch von schwarzem Gummi gezogen und sehr fest durch vielfache Hanfschnur auf die Enden der genannten Röhren gebunden. Durch die Eisenspirale wird die Zusammendrückung des elastischen Gelenkstückes von aussen gehindert. Um nun diese Gelenkbandmasse noch zu stärken, ist sie von Aussen durch Leinwand mehrmals umwunden. Vulkanisirter Cautschuc macht das Quecksilber schnell schmutzig durch Bildung von Schwefelquecksilber. Diese Vorrichtung, welche ich gewählt habe, lässt das Quecksilber stets spiegelblank, sodass es Jahre lang in demselben Zustande verbleibt.

Das andere Ende des zweiten Rohres communicirt durch ein gleiches Gelenk mit dem zweiten Glasellipsoid, welches das bewegliche ist. Die beiden Ellipsoide sind also durch zwei Charniere mit einander in beweglicher Verbindung.

Es bleibt uns das obere Ende des Glasellipsoides zu betrachten übrig, welches ich als Vacuum benutze. Dieses Ende läuft in eine, durch einen starken Glashahn abschliessende kräftige Glasröhre aus, welche über demselben mit einem Schliffe endet. Auf diesen Schliff passt der andere eines Rohres, welches sich sofort zu capillarer Weite verjüngt und hakenförmig nach abwärts krümmt. Das Ende dieses absteigenden Capillarrohrs ist wiederum vertikal aufgebogen, taucht in ein Gefäss mit Quecksilber und mündet bei dem Versuch unter einem mit Quecksilber gefüllten calibrirten Absorptionsrohr, sodass die Gasmengen unmittelbar aus der Pumpe durch Druck hier aufgesammelt werden können. Diese ganze Anordnung ist also ganz ähnlich der Pumpe von Helmholtz, welcher sie ebenfalls theils als Saug-, theils als Druckapparat wirken lässt. Dies Vacuum communicirt nun mit den Trockenräumen durch ein Querrohr, welches unmittelbar aus dem unteren verjüngten Hals des Glasellipsoides abgeht.

Um das Blut erwärmen zu können, lässt sich ein mit warmem Wasser gefülltes Kesselchen, welches auf einem Dreifuss und

Digitized by Google

über einer Spirituslampe steht, durch eine besondere Vorrichtung heben oder senken, um den Recipienten je nach Wunsch bald tiefer, bald weniger tief in das Wasser eintauchen zu können. Ein Thermometer controlirt die Temperatur der Erwärmungsflüssigkeit.

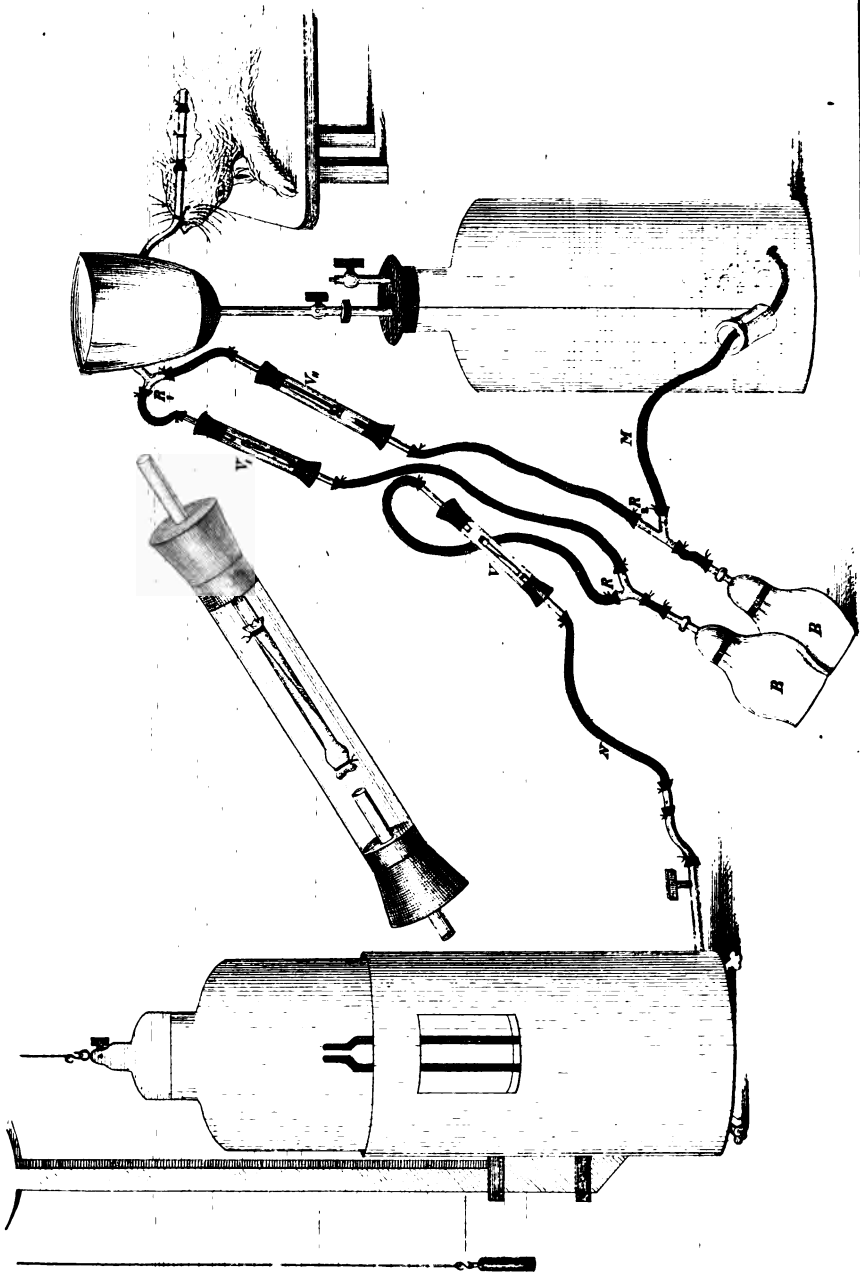
Der ganze, wenn er mit Quecksilber gefüllt ist, sehr schwere Apparat, ist an einer grossen, an die Mauer fixirten Bretterwand befestigt, indem er einfach durch seine Schwere auf kräftigen Holzhänden ruht, das heisst auf horizontalen, von der Bretterwand ausgehenden Fortsätzen, welche Ausschnitte tragen, in die die betreffenden Theile des Apparates passen. Um das Glas des Vacuums, welches wenn das Ellipsoid mit Quecksilber gefüllt ist, einen bedeutenden Druck auszuhalten hat, zu sichern, habe ich die Holzeinschnitte mit Cantchuc gefüttert. Das Blutvolum wird meist nachträglich gemessen. Zu dem Ende ist das Volum der Blutflasche bis zu einem im oberen engen Halse befindlichen Striche ein für allemal bestimmt. Nach jedem Versuch giebt nun die Wassermenge, welche zur gleichen Füllung nöthig ist, vermindert um diejenige, welche in den Schwefelsäureröhren absorbirt ist, das untersuchte Blutvolum, wenn sie von der Totalcapacität der Flasche abgezogen wird. Die von den Schwefelsäureröhren aufgenommenen Wassermassen werden durch Wägung gefunden.

Durch Gesammtwägung der Apparate des Recipienten und des Schwefelsäurerohres vor und nach dem Versuche und einer specifischen Gewichtsbestimmung würde man natürlich noch schärfere Feststellung des Volums erhalten. Doch ist das eingehaltene Verfahren bei den sonstigen grossen Mängeln, die der Gasometrie des Blutes noch anhaften, genau genug.

Diese von H. Geissler ausgeführten Apparate arbeiten mit einer Leichtigkeit, die jeden in Erstaunen setzen wird, welcher sich durch den Versuch selbst überzeugt. Wochen, ja Monate lang bewahrt meine Pumpe mit vielen Schliffen das Vacuum, sodass die Barometerprobe unbeweglich ins Unbestimmte steht. Dieses giebt den Versuchen eine Sicherheit, welche bei den sonstigen Complicationen derselben nicht hoch genug veranschlagt werden kann.

Gedruckt bei Julius Sittenfeld in Berlin.

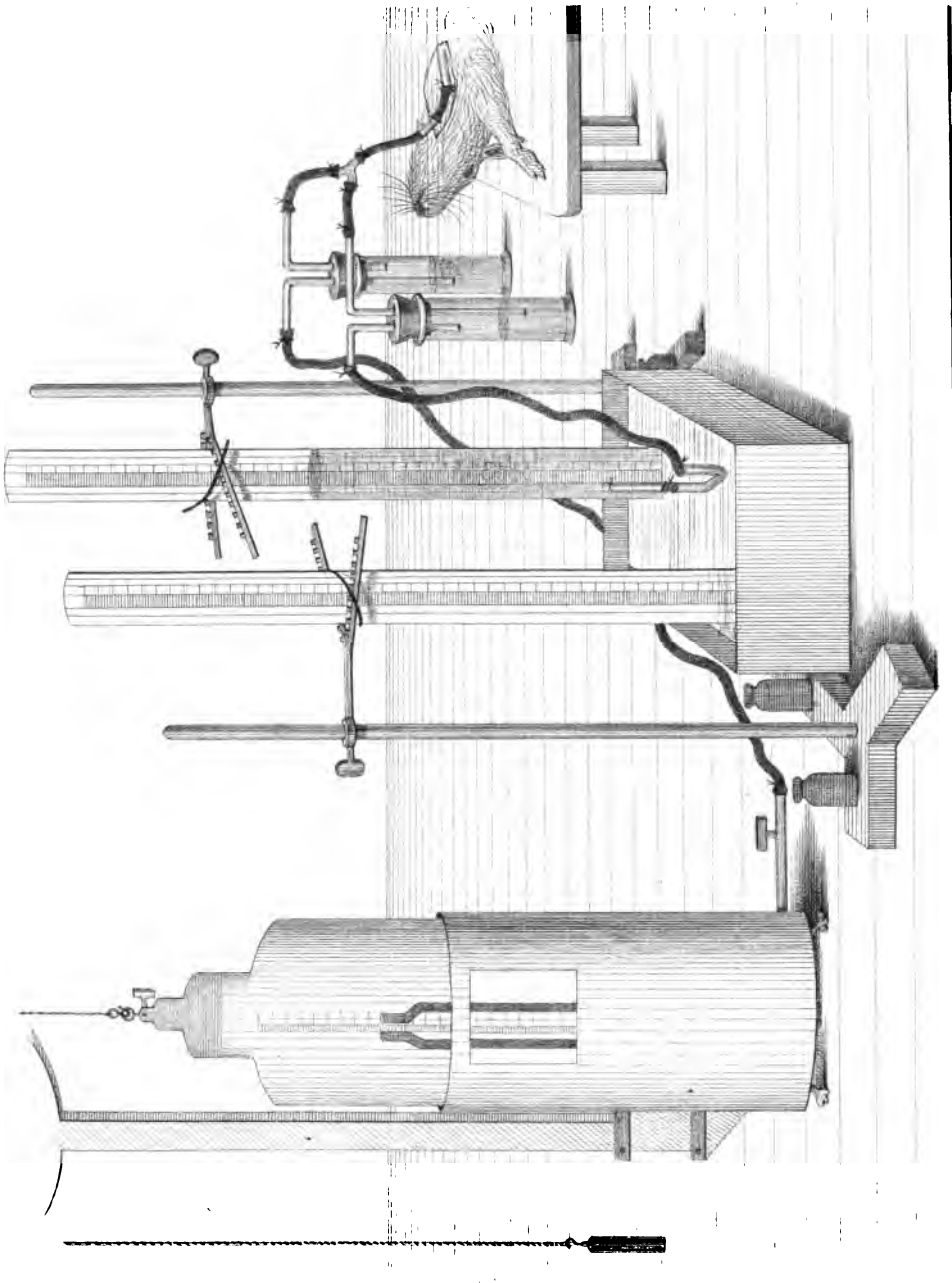
Digitized by Google



A. Schütze in Stein gest. Berlin.

Digitized by Google

Digitized by Google



A. Schütze in Stein gest. Berlin

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. III.

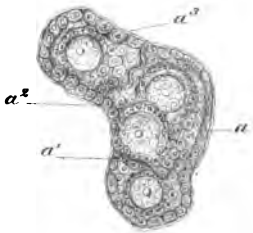


Fig. VI.

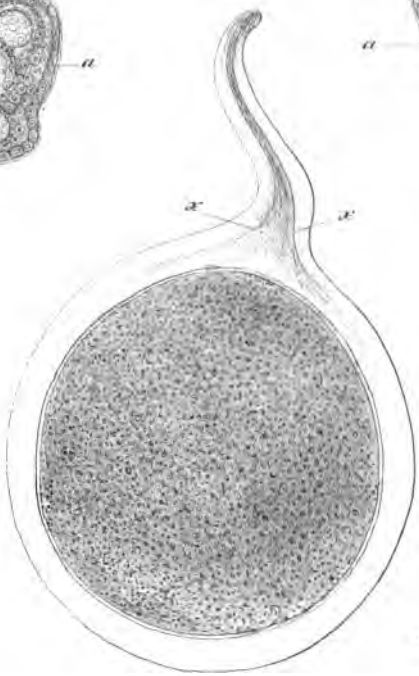


Fig. II.

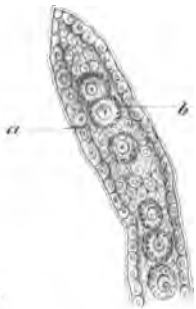


Fig. V.

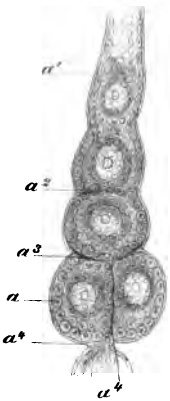
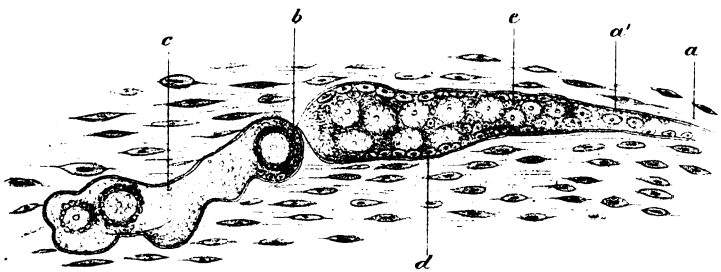


Fig. IV.

Fig. I.



A. Schütze lith.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 01193 2848

Digitized by Google

Digitized by Google